E – C

16.8

~~ALEX. AGASSIZ.~~

Library of the Museum

OF

COMPARATIVE ZOÖLOGY,

AT HARVARD COLLEGE, CAMBRIDGE, MASS.

Founded by private subscription, in 1861.

Deposited by ALEX. AGASSIZ.

No. 37,879.

Mar. 30, 1888

Entered February 21, 1912

ÉRIE A. N° 98

N° D'ORDRE
603

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

L. CUÉNOT,

LICENCIÉ ÈS SCIENCES NATURELLES DE LA FACULTÉ DE PARIS

1re THÈSE. — CONTRIBUTION A L'ÉTUDE ANATOMIQUE DES ASTÉRIDES.

2e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 11 novembre, devant la Commission d'Examen.

MM. HÉBERT, *Président.*
DE LACAZE-DUTHIERS, } *Examinateurs.*
BONNIER,

POITIERS
TYPOGRAPHIE OUDIN
4, RUE DE L'ÉPERON, 4.

1887

25

E - C

ACADÉMIE DE PARIS

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

	MM.	
DOYEN	HÉBERT, PROFESSEUR	Géologie.
PROFESSEURS HONORAIRES	PASTEUR.	
	DUCHARTRE	Botanique.
PROFESSEURS	DE LACAZE-DUTHIERS	Zoologie, Anatomie, Physiologie comparée.
	HERMITE	Algèbre supérieure.
	TROOST	Chimie.
	FRIEDEL	Chimie organique.
	O. BONNET	Astronomie.
	DARBOUX	Géométrie supérieure.
	DEBRAY	Chimie.
	TISSERAND	Astronomie.
	LIPPMANN	Physique.
	HAUTEFEUILLE	Minéralogie.
	BOUTY	Physique.
	APPELL	Mécanique rationnelle.
	DUCLAUX	Chimie biologique.
	BOUSSINESQ	Mécanique physique et expérimentale.
	PICARD	Calcul différentiel et calcul intégral.
	POINCARÉ	Calcul des probabilités, Physique mathém.
	YVES DELAGE	Zoologie, Anatomie, Physiologie comparée.
	BONNIER	Botanique.
	DASTRE	Physiologie.
PROFESSEURS ADJOINTS	WOLF	Physique céleste.
	CHATIN	Zoologie, Anatomie, Physiol. comparée.
SECRÉTAIRE	PHILIPPON.	

A M. DE LACAZE-DUTHIERS

MEMBRE DE L'INSTITUT

PROFESSEUR DE ZOOLOGIE, D'ANATOMIE ET DE PHYSIOLOGIE COMPARÉE A LA FACULTÉ DES SCIENCES.

Cher et honoré Maitre,

Veuillez agréer l'hommage de cette thèse comme un faible tribut de la reconnaissance que je vous dois ; c'est vous qui m'avez fait aimer la zoologie, c'est vous qui, par votre constante bienveillance, m'avez permis de poursuivre mes études dans vos laboratoires ; je vous dois tout et ne puis vous prouver ma gratitude que par mon travail. Ma seule ambition est de me rendre digne d'un tel maître, et de tenir une place, si petite qu'elle soit, dans la riche pléiade de zoologistes dont vous avez doté la France.

L. Cuénot.

BIBLIOGRAPHIE

1. **Agassiz (A.).** Embryology of the Starfish, Contrib. Nat. Hist U. S., vol. V, 1864.
2. — North American Starfishes, Memoirs of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College. Cambridge Mass vol. V, n° 1, 1877.
3. **Baudelot.** Etudes générales sur le système nerveux, Arch. Zool. exp., tome I, 1872, pag. 177.
4. **Bell.** Note sur l'Asterias glacialis et les espèces alliées, Zool. Anz., juin 1882, analysé dans Arch. Zool. exp., tome 10, 1re série, 1882, Notes et Revues, pag. LIX.
5. **Carpenter (H.).** The minute Anatomie of the brachiate Echinoderms (The Quaterly Journal, april 1881).
   — Sur les relations anatomiques du système vasculaire chez les Echinodermes (The Quaterly Journal, oct. 1883, pag. 537), analysé dans Arch. Zool. exp., tome 2, 2me série, 1884, Notes et Revues, pag. XIX.
   — Notes sur la morphologie des Echinodermes (The Quaterly Journal, avril 1884), analysé dans Arch. Zool. exp., tome 3, 2me série, 1885, Notes et Revues, pag. I.
6. **Chiaje (della).** Memoria sulla Storia e Notomia degli animali senza vertebre, etc., vol. II, 1825.
7. **Desor.** Ueber die Entwickelung der Asteriden, Müller's Arch. für Anat., 1849, pag. 79.
8. **Dujardin et Hupé.** Zoophytes, suites à Buffon.
9. **Duvernoy.** L'Institut, 1837, pag. 208 (Société d'histoire naturelle de Strasbourg).
10. — Sur l'analogie de composition et quelques points de l'organisation des Echinodermes, Mém. de l'Acad. des Sciences, 1849, vol. XX, p. 579.
11. **Fœttinger.** Sur l'existence de l'hémoglobine chez les Echinodermes, Archiv. de Biologie, tome 1, p. 405.

12. **Fol (H.)**. Recherches sur la fécondation et le commencement de l'hénogénie chez divers animaux, Genève, 1879. Mémoires de la Société de physique et d'hist. nat. de Genève, tome XXVI.

13. **Gaudry**. Squelette buccal des Stellérides, Ann. Sc. Nat., 1851, tome XVI, 3me série, p. 339.

14. **Geddes**. Sur le fluide périviscéral des Oursins, Arch. Zool. exp., tome 8, 1re série, 1879, pag. 483.

15. **Giard**. Particularités de reproduction de certains Echinodermes en rapport avec l'éthologie de ces animaux, Bulletin scientifique du dép. du Nord, 1re année, 2me série, 1878, pag. 296.

16. **Greeff**. Ueber den Bau und die Entwicklung der Echinodermen, Sitzungsbericht der Gesellschaft zür Beford. der ges. Naturw. zu Marburg, 1871-79.

17. **Hæckel (E.)**. Ueber die Augen und Nerven der Seesterne, Zeitschrift für wiss. Zool., tome 10, 1860, pag. 183.

18. — Die Kometenforme der Seesterne und der Generation wechsel der Echinodermen, Zeitsch : für wiss. Zool., tome 30, 1878, pag. 424 ; analysé dans Arch. Zool. exp., tome 6, 1re série, 1877, Notes et Revues, pag. XXXIII.

19. **Hamann**. Beiträge zur Histologie der Echinodermen, Zeitsch. für wiss. Zool., tome 39, 1883, pag. 145.

20. — Beiträge zur Hist. der Echin., Heft 2. Die Asteriden, Jena, 1885.

21. **Herapath**. On the pedicellariæ of the Echinodermata, The Quaterly Journal, 1865, pag. 175.

22. **Hoffmann**. Zur Anatomie der Asteriden, Niederlandisches Archiv. für Zool., 1874-75, Band II, pag. 1.

23. **Howell**. Note on the presence of the Hœmoglobin in the Echinoderms, John's Hop. Univ. Stud. Biol. Lab., vol. 3, n° 6, pag. 289.

24. **Huxley**. Report upon the Researches of Prof. Müller into the Anatomy and developp. of. the Echinoderms, Ann. and Mag. Nat. Hist., vol. VIII, 1851, pag. 1.

25. **Jourdain**. Sur les yeux de l'Ast. rubens, Comptes-Rendus de l'Acad. des Sc., tome 60, 1865, pag. 103.

26. — Recherches sur l'appareil circulatoire d'Ast. rubens, Comptes-Rendus, tome 65, 1867, pag. 1002.

27. — Sur les voies par lesquelles le liquide séminal et les œufs sont évacués chez l'Astérie commune, Comptes-Rendus, tome 94, 1882, pag. 744.

28. **Kowalewsky**. Zeitsch. für wiss. Zool., tome 22, 1872, pag. 283.

29. **Lacaze-Duthiers (H. de)**. Sur une forme nouvelle et simple du proembryon des Echinodermes (Stellérides, Asteriscus verruculatus, M. et Tr.), Comptes-Rendus, tome 78, 1874, pag. 24.

30. **Lange (W.)**. Beiträge zur Anatomie und Histologie der Asterien und Ophiuren, Morph. Jahrb., Band II, 1876, pag. 241.

31. **Lóven**. Etudes sur les Echinoïdées, Kongl. Svenska Vetenskaps Akademiens, Handlingar, Bandet II, n° 7, Stockholm, 1875.

32. **Ludwig (H.)**. Beiträge zur Anatomie der Asteriden, Zeitsch. für wiss. Zool., Band 30, 1878, pag. 99.

33. — Zur Kenntniss der Gattung Brisinga, même recueil, Band 31, pag. 216.

34. — Ueber die Genitalorgane der Asterina gibbosa, Bd. 31, pag. 395.

35. — Entwicklungsgeschichte der Asterina gibbosa, même recueil, Bd. 37, 1882, pag. 1.

36. **Lutken**. Description de quelques Ophiurides nouveaux ou peu connus, avec quelques remarques sur la division spontanée chez les Rayonnés, Oversigt over d. k. D. Selsk. Forhandl. o. S. V., n° 2. Kjöbenhavn, 1872.

37. **Von Martens**. Ueber ostasiatische Echinodermen, Arch. für Naturg., tome 32, Band I, 1866, pag. 66.

38. **Mettenheimer**. Ueber die Gesichtsorgane des violetten Seesterns der Ostsee, Müller Arch., 1862, pag. 210.

39. **Muller (Joh.)**. Anatomische Studien über die Echinodermen, Archiv. für Anat., Phys. und wiss. Medicin, 1850, pag. 117.

40. — Ueber den Bau der Echinodermen, Berlin, 1854.

41. **Müller et Troschel**. System der Asteriden, Braunschweig, 1842.

42. **Owsjannikow**. Ueber das Nervensystem des Seesterne, bulletin de l'Académie de St-Pétersburg, nov. 1870, pag. 310.

43. **Perrier (Ed.)**. Recherches sur les pédicellaires et les ambulacres des Astéries et des Oursins, Ann. Sc. Nat., tomes 12 et 13, 1869-70.

44. — Même sujet, réponse à M. A. Agassiz, Arch. Zool. exp., tome 3, 1re série, 1874, Notes et Revues, pag. VII.

45. — Recherches sur l'appareil circulatoire des Oursins, Arch. Zool. exp., tome 4, 1re série, 1875, pag. 605.

46. — Revision des Stellérides du Muséum, Arch. Zool. exp., tomes 4 et 5, 1re série, 1875-76.

47. **Perrier (Ed.)**. Sur une Astérie des grandes profondeurs de l'Atlantique pourvue d'un pédoncule dorsal, Comptes-Rendus, tome 95, 1882, pag. 1379.

48. — Sur l'organisation des Crinoïdes, Comptes-Rendus, tome 97, 1883, pag. 187.

49. — Résumé de recherches sur l'organogénie et l'anatomie des Comatules, Zool. Anz., 12 février 1885.

50. — Comptes-Rendus, tome 102, 24 mai 1886, p. 1146.

51. — Sur le corps plastidogène ou prétendu cœur des Echinodermes, Comptes-Rendus, tome 104, 17 janvier 1887, pag. 180.

52. **Perrier et Poirier**. Sur l'appareil circulatoire des Etoiles de mer, Comptes-Rendus, tome 94, 1882, pag. 658.

53. — Sur l'appareil reproducteur des Etoiles de mer, Comptes-Rendus, tome 94, 1882, pag. 891.

54. **Romanes et Ewart**. Observations on the Locomotor System of Echinodermata, Phil. Trans., 1881, pag. 840.

55. **Rymer Jones**. Zur Naturgeschichte der Asteriden, Fror. Not., Bd. 12, n° 248, 1839.

56. **Sars (G.-O.)**. Uber die Entwickelung der Seesterne (Fragment aus meinen « Beitragen zur Fauna von Norwegen »), Arch. für Naturg., tome 19, 1844, pag. 169.

57. — Researches on the structure and affinity of the genus Brisinga, Christiania, 1875.

58. **Semper**. Reisen im Archipel der Philippinen, 1868, II, Holo thurien, pag. 118.

59. **Von Siebold**. Zur Anatomie der Seesterne, Müller's Archiv., 1836, pag. 291.

60. **Simroth**. Anatomie und Schizogonie der Ophiactis virens, Zeitsch. für wiss. Zool., tome 28, 1877, p. 419.

61. **Sladen**. Annals and Mag. of Nat. Hist., août 1880, pag. 101.

62. **Studer**. Echinodermen aus dem antarctischen Meere, Monatsber. der Berlin Akad., 1877, pag. 457.

— Uber Geschlechts dimorphismus bei Echinodermen, Zool. Anz., 1880, n°s 67 et 68, pag. 523 et pag. 543.

63. **Spix**. Mémoire pour servir à l'histoire de l'Astérie rouge, de l'Actinia coriacea (Cuv.), et de l'Alcyonium exos, Ann. du Muséum, tome XIII, 1809, pag. 438.

64. **Teuscher**. Beitrage zur Anatomie der Asteriden, Jenaische Zeitsch. für Naturw., Bd. X, 1876, pag. 493.

65. **Tiedemann**. Anatomie der Rohren-Holothurie, des pommeranz farbigen Seesterns und Steinseeigels, Landshut, 1816.

66. **Viguier.** Squelette buccal des Stellérides, Arch. Zool. exp. Notes et Revues, tome 8, 1879-80, pag. 1.

67. — Squelette des Stellérides, Archiv. Zool exp., ome 7, 1re série, 1878, pag. 33.

68. **Volkmann.** Ueber des Gefässystem der Seesterne, Isis, 1837, pag. 513.

69. **Carl Vogt et Yung.** Traité d'Anatomie comparée, 9me livrai son.

70. **Vulpian.** Leçons sur la physiologie générale et comparée du système nerveux, Paris, 1866.

71. **Williams.** On the use of the sandcanal of Starfishes. Ann. of Nat. Hist., 2me série, vol. 19, 1857, pag. 55.

72. **Wilson.** The nervous system of the Asteriden, Transactions of the Linnean Society, 1862, tome 23.

On complétera cette liste, déjà fort longue, avec la bibliographie de Müller et Troschel (System der Asteriden), qui comprend tous les ouvrages antérieurs à 1841, et avec celle de M. Perrier (Revision des Stellérides), qui a surtout rapport à la classification de ces animaux.

J'ai désigné chaque ouvrage par un numéro d'ordre; dans le courant de ce travail, je citerai simplement le numéro, on n'aura qu'à se rapporter à la liste bibliographique pour trouver toutes les indications nécessaires.

CONTRIBUTION

A

L'ÉTUDE ANATOMIQUE

DES

ASTÉRIDES

PAR

L. CUÉNOT

LICENCIÉ ÈS SCIENCES NATURELLES DE LA FACULTÉ DE PARIS.

INTRODUCTION

Les Astérides ont déjà été l'objet de nombreux travaux, tant en France qu'en Angleterre et en Allemagne ; pourtant il n'y a pas un des points de leur organisation qui ne soulève des doutes ; le système nerveux, les appareils ambulacraire et vasculaire, les organes génitaux sont surtout l'objet des discussions les plus ardentes. Tous les travaux qui ont été publiés manquent absolument de généralité, ne s'adressant guère qu'à une ou deux espèces ; de plus, leurs auteurs ont employé exclusivement, soit les dissections et les injections, soit les coupes ; or, il n'est peut-être pas d'animaux chez lesquels l'emploi successif de ces deux procédés soit plus nécessaire que chez les Echinodermes. Comme le dit avec raison M. de Lacaze-Duthiers, on doit explorer d'abord par l'anatomie fine et les injections, puis vérifier les résultats obtenus au moyen des coupes et des diverses méthodes histologiques. J'ai cherché à faire ce travail dans des conditions toutes autres que celles des études précédentes ; je n'ai admis une disposition comme vraie que lors-

que l'anatomie, les coupes et les dilacérations se montraient d'accord ; de plus, j'ai pu étudier dix-huit espèces appartenant à douze genres différents, tant de l'Océan que de la Méditerranée et de la mer Rouge, ce qui donne une généralité suffisante à mes résultats.

Il est habituel, au commencement d'un travail, de faire l'historique de la question ; j'ai préféré, au fur et à mesure, citer les opinions des divers auteurs ; cela m'évite des redites continuelles et une fastidieuse énumération.

Ce Mémoire a été fait en entier dans les laboratoires de zoologie expérimentale de M. de Lacaze-Duthiers ; je l'ai commencé à la Sorbonne, je l'ai poursuivi et terminé dans deux séjours au bord de la mer ; j'ai pu ainsi étudier les Astérides de l'Océan à Roscoff et ceux de la Méditerranée à Banyuls. Je dois remercier ici mon vénéré maître d'avoir bien voulu m'admettre dans ses laboratoires, où l'on trouve une si large hospitalité, et de m'avoir aidé, par ses excellents conseils, à mener mon étude à bonne fin ; qu'il reçoive l'expression de ma vive reconnaissance.

Je dois remercier également M. le Dr Faurot, qui m'a confié les Astérides qu'il a rapportés de sa mission dans la mer Rouge, M. Ed. Fournier et plusieurs de mes amis, qui m'ont aidé de diverses façons.

Orientation.

Dans mes descriptions, je placerai toujours l'Astérie suivant la méthode adoptée par M. de Lacaze-Duthiers, la bouche en haut, et le pôle aboral en bas, de telle sorte que l'axe vertical de l'Astérie, comparable au grand axe d'une Holothurie, va du milieu de la bouche au centre de la face opposée. La face sur laquelle se meut l'animal, appelée généralement face ventrale, sera la face supérieure; la face dorsale des auteurs sera la face inférieure ; elle correspond chez l'Oursin régulier au périprocte avec ses dix

plaques calcaires. J'ai ainsi placé toutes les coupes de bras, de péristome, etc., en sens inverse de mes prédécesseurs ; pour les comparer, il suffira de les retourner. Les coupes de madréporite sont placées comme on a l'habitude de le faire ; cela n'a pas d'ailleurs grande importance morphologique, car la plaque madréporique ou les pores qui la représentent est très variable en position chez les divers Echinodermes.

Dans leur forme extérieure, les Astérides ne présentent jamais de symétrie bi-latérale permettant de leur fixer un plan antéro-postérieur, comme pour un Spatangue, par exemple. Agassiz, Lóven et Ludwig ont émis trois théories différentes à ce sujet ; celle de Lóven me paraît la seule vraie ; mais comme elle ne peut s'appliquer qu'aux Astéries à 5 bras, des études complémentaires me paraissent indispensables. D'ailleurs, dans un travail anatomique, la fixation du plan antéro-postérieur n'a pas grande utilité.

Tissus conjonctif et musculaire.

Il est difficile de décrire l'histologie des différents organes sans avoir des notions précises sur le tissu conjonctif. Je vais donc en faire une étude complète au point de vue histologique.

Quand on pratique des coupes sur de très jeunes Astéries ou Ophiures, on voit que les tissus non épithéliaux sont presque exclusivement cellulaires; ils sont formés de cellules avec un gros noyau, contenant un nucléole très réfringent; le protoplasma est très granuleux. De ces cellules vont dériver la plupart des tissus conjonctifs.

Cellules conjonctives ou embryonnaires.— Un grand nombre de ces cellules originelles ne se transforment pas ; elles restent ou séparées, ou agglomérées, parfois en grande quantité ; ces amas plus ou moins sphériques ont jusqu'à 24 et 45 μ de diamètre. On en trouve beaucoup dans le tégument d'*Asterias glacialis* et d'*Asterina gibbosa*,

dans la couche conjonctive des ambulacres, etc. (voir pl. I, fig. 12, *f*, et pl. II, fig. 2).

M. Hamann a interprété ces amas cellulaires d'une toute autre façon ; il en fait le revêtement épithélial d'un système lacunaire particulier développé dans la paroi du corps ; j'y reviendrai à propos de la circulation.

Un grand nombre de ces cellules restent isolées ; on les voit en abondance dans toutes les coupes de téguments ; souvent elles restent sphériques, avec leur noyau placé latéralement (pl. II, fig. 2) ; souvent aussi elles émettent des expansions plus ou moins nombreuses, formées de protoplasma très granuleux (pl. II, fig. 3), qui peuvent s'anastomoser. Sous cette forme, elles représentent bien la cellule conjonctive étoilée, si développée chez certains animaux, les Mollusques, par exemple (Flemming). Chez les jeunes Astéries qu'il a étudiées presque exclusivement, M. Hamann a bien vu ces cellules qu'il a figurées avec assez d'exactitude.

Jusqu'ici la cellule ne se transforme guère ; on la reconnaît très facilement. Le deuxième type conjonctif est fibrillaire ; ce sont des fibres parfois très longues, assez minces, homogènes, se colorant fortement par le carmin ; elles présentent, logé dans une petite échancrure de la fibre, un beau noyau arrondi, nucléolé, entouré de quelques granules protoplasmiques (pl. II, fig. 4) : on reconnaît facilement la cellule embryonnaire de tout à l'heure. En général, ces fibres sont feutrées assez lâchement ; on les trouve dans tous les organes qui éprouvent de grands changements de forme (ambulacres, vésicules ambulacraires, branchies lymphatiques, etc. Souvent elles sont contournées en spirale, lorsqu'on a fixé par les réactifs une portion d'organe contracté (pl. II, fig. 5). M. Hamann a décrit le premier ces fibres d'une façon exacte. Je pense qu'on peut les comparer physiologiquement aux fibrilles élastiques des animaux supérieurs.

On peut reconnaître une dérivation très nette de la cellule embryonnaire qui a servi de point de départ ; le troisième type conjonctif

en est très éloigné. Ce sont des fibrilles très fines, d'une grande longueur, se colorant en rose vif par le picrocarmin ; elles portent des noyaux, petits et fusiformes, dont je n'ai pu voir le nucléole (pl. II, fig. 6 ; pl. I, fig. 1 et 2, *f*) ; on les trouve dans les organes qui doivent offrir une grande résistance, dans le mésentère, le pédoncule fibreux des pédicellaires croisés du genre Asterias. Cette forme de fibrilles conjonctives a souvent été prise pour des fibres musculaires (Herapath, Perrier) ; elle s'en distingue très nettement par tous ses caractères, sa coloration par les réactifs, son mode d'insertion, etc.

Enfin la dernière forme de tissu conjonctif et la plus fréquente est la substance fondamentale, feutrage fibrillaire très compact ; elle est très élastique, parfaitement homogène à l'œil nu ; lorsqu'elle a été durcie par les différents alcools, elle devient d'une extrême dureté, et c'est un grand obstacle pour les coupes d'une certaine dimension. Cette substance fibrillaire se colore très inégalement par le carmin ; par l'ébullition, elle se transforme d'abord en une matière brunâtre, qui a l'aspect et la consistance de la gomme élastique, puis devient friable, gélatineuse, sans arriver à se dissoudre dans l'eau, ce qui la distingue de la gélatine et de la chondrine.

Sur des coupes très minces, on voit par places de petits noyaux ovalaires répandus inégalement (pl. II, fig. 7). Sur le vivant ou sur les coupes non durcies par l'alcool, cette substance apparaît comme un feutrage très serré de fibrilles très fines réunies par paquets. Enfin elle peut contenir beaucoup de cellules embryonnaires (*Asterina gibbosa*). Quand l'animal vient à s'affaiblir, ce tissu meurt le premier et se décompose en fibrilles nacrées, que connaissent bien tous ceux qui ont fait vivre dans les aquariums des Astéries ou des Holothuries. On trouve cette substance fibrillaire dans tous les organes des Astérides ; le tégument de la Culcite en est formé entièrement, sur une épaisseur de 15 à 20^{mm}, ce qui explique sa grande élasticité.

Trame calcaire — Le tissu calcaire a toujours été fort mal décrit ;

il se compose de substance fondamentale avec de nombreuses cellules embryonnaires.

La substance fondamentale forme des aréoles plus ou moins serrées, mais qui ne sont jamais disposées régulièrement, comme dans les piquants d'Oursin ; sur ces espèces de mailles, et surtout aux carrefours, se voient de nombreuses cellules embryonnaires ; souvent ces dernières se relient les unes aux autres, et on ne voit alors que des tractus protoplasmiques suivant le trajet du substratum conjonctif avec beaucoup de noyaux dans les points de rencontre (pl. II, fig. 8). Le calcaire est absolument localisé à la substance fondamentale fibreuse ; les cellules embryonnaires ne prennent aucune part à sa formation ; elles sont momifiées, pour ainsi dire, à l'intérieur de la couche minérale.

On voit que le tissu conjonctif se présente sous des apparences fort diverses, ce qui explique les divergences d'opinion sur sa constitution

Fibre musculaire. — Comme terme de comparaison, je vais décrire la fibre musculaire, dont les caractères ont été reconnus chez les Astéries et les Holothuries par MM. Hamann et Jourdan.

Elle est grosse et fort longue, souvent bifurquée, entièrement lisse et homogène, ne présentant aucune trace de striation ni dans un sens ni dans l'autre ; elle se colore en rose pâle par le carmin, mais sur les pièces fixées à l'acide picrique, elle présente une teinte jaune d'or, qui la fait facilement distinguer du tissu conjonctif, toujours vivement coloré. Le noyau, logé dans une échancrure de la fibre, est gros, très net, avec un nucléole ; quelques granulations de protoplasma relient le noyau à la fibre (pl. II, fig. 10).

On voit que la fibre musculaire présente des caractères très tranchés, qui ne permettent pas de la confondre avec un type conjonctif fibrillaire. Les fibres musculaires ne sont jamais en communication avec les cellules de l'ectoderme, comme le prétend M. Hamann ; elles résultent de la transformation directe d'une

cellule embryonnaire, qui se munit d'une fibre dont l'allongement est considérable. Elles présentent les mêmes propriétés d'irritabilité que celles des animaux supérieurs ; les agents physiques, piqûres, acides, etc., les font contracter. Si l'on touche légèrement avec une aiguille un organe interne tel qu'une vésicule de Poli ou une vésicule ambulacraire, au point de contact les fibres musculaires annulaires se contractent assez fortement pour étrangler presque la lumière de l'organe. Partout où il y a des muscles (sinus sanguin axial, cæcums stomacaux, mésentère, etc...), on peut les faire contracter par une simple piqûre ; cette observation permet de comprendre ce qui a induit en erreur Tiedemann et Hoffmann au sujet des contractions du cœur (gl. ovoïde); ils ont pris le mouvement des fibres mésentériques pour une véritable systole cardiaque.

Corps jaunes énigmatiques. — Principalement dans les préparations de glande ovoïde, au milieu des cellules normales, on trouve des corpuscules arrondis, finement granuleux, de 7 à 10 μ ; dans les préparations à l'acide osmique, ils sont colorés en jaune verdâtre, rappelant un peu la teinte de la chlorophylle, et paraissent entourés d'une membrane transparente ; dans les coupes colorées au picrocarmin, ils présentent une teinte d'un jaune vif ; je n'ai pas vu de noyau (pl. VIII, fig. 8, *z*). Je les ai trouvés en assez grand nombre dans la glande ovoïde et ses prolongements. M. Hamann signale des corpuscules identiques (Körnerzellen) dans une coupe de l'intestin de la *Cucumaria Planci* (19, pag. 151). Ces formations ne me paraissent pas appartenir en propre à l'animal ; ce sont peut-être des cellules végétales (Zooxanthelles, Zoochlorelles).

Téguments.

Les téguments des Astéries présentent des aspects tout à fait différents suivant les espèces. D'épaisseur extrêmement

variable, dont les deux termes extrêmes sont la Culcite et le Palmipes, incrustés de calcaire formant des plaques diversement arrangées, ils portent des appendices qu'on peut répartir dans trois catégories : les piquants, les pédicellaires et les branchies lymphatiques. Les piquants présentent des dispositions très variables dont on tire de bons caractères pour la détermination; les pédicellaires, petits organes de préhension, sont considérés comme caractéristiques pour chaque espèce, mais un grand nombre d'Astéries en sont dépourvues ; enfin les branchies lymphatiques, organes de respiration, existent dans tout le groupe et présentent une grande conformité de structure.

Le tégument est toujours composé de trois couches : une interne formée par l'épithélium de la cavité générale, une moyenne conjonctive, une externe formée d'un épithélium à cellules très hautes. C'est dans la couche moyenne et dans sa partie la plus externe que se forment les plaques calcaires du test, comme chez les Holothuries.

L'épithélium péritonéal est formé de cellules plates, qui présentent sur les coupes un noyau en saillie ; elles se laissent facilement imprégner au nitrate d'argent, avec certaines précautions toutefois pour enlever le chlorure d'argent qui se forme ; on a alors une mosaïque de cellules polygonales plus ou moins serrées suivant les endroits que l'on a imprégnés, qui rappelle tout à fait l'épithélium péritonéal des Vertébrés ou des Annélides (pl. II, fig. 9). Le noyau est gros, irrégulier, nucléolé. Ces cellules plates revêtent tous les diverticules de la cavité générale, tous les organes internes, quels qu'ils soient.

L'épithélium externe est formé de très hautes cellules, allongées, recouvertes d'une épaisse cuticule, et munies de cils vibratiles. Ces cellules sont réduites à un mince filament, qui d'une part s'attache au tissu conjonctif sous-jacent, de l'autre s'épate pour supporter le plateau cuticulaire ; un noyau sphérique ou ovalaire entouré d'une petite quantité de protoplasma fait saillie à la sur-

face de ce filament qui représente le corps de la cellule (pl. I, fig. 12). Pour bien étudier cet épithélium, il faut avoir recours à la dilacération après coloration au carmin osmiqué (*).

Tous les plateaux cellulaires paraissent être confondus pour former une cuticule continue, il n'en est rien ; on peut parfaitement imprégner la surface à l'argent, et montrer qu'il y a simplement juxtaposition des plateaux cuticulaires ; on ne voit pas les canaux poriques par lesquels passent les cils vibratiles. Les cellules sont écartées les unes des autres de façon à laisser de place en place des espaces vides, si régulièrement disposés qu'on pourrait croire à des corps glandulaires ; mais rien n'apparaît par les divers modes de préparation, ce qui me fait conclure que ce sont simplement des vacuoles ménagées entre les cellules.

Avec ces cellules indifférentes on trouve deux types de cellules glandulaires, qui existent très bien développées surtout chez l'*Asterias glacialis*. Les unes sont des glandes muqueuses ; ce sont de grosses cellules dont le contenu se colore légèrement en gris par l'acide osmique ; le noyau est latéral ou parfois refoulé au fond de la cellule ; celle-ci est tantôt pédiculée (pl. I, fig. 23, *q*), tantôt repose par sa base sur la couche conjonctive (pl. I, fig. 12, *q*).

Les autres, plus fréquentes, présentent, à l'état de maturité parfaite, une masse mûriforme, semblable à une grappe, supportée par une mince pédicule muni d'un noyau (pl. I, fig. 12, 18, 23, *m*) ; chaque grain de cette grappe est rond, peu réfringent, légèrement coloré en jaune sur le vivant ; la grappe se colore en lie de vin par le carmin osmiqué. On trouve souvent mêlées à celles-ci des cellules qui ne leur ressemblent aucunement ; c'est pour-

(*) Le carmin osmiqué, préparé suivant la méthode de M. Delage (Archiv. de Zool. exp., tome IV, 1886, pag. 120), qui a obtenu avec ce réactif de magnifiques résultats chez la Convoluta, m'a été d'une utilité considérable, non plus pour les coupes, mais pour les dilacérations : 24 h. dans le carmin osmiqué, 24 h. et plus dans l'eau distillée. Le protoplasma et les noyaux sont nettement colorés en rose, tandis que tous les granules cellulaires restent avec leur couleur et leurs contours propres.

tant l'état jeune ; elles présentent à l'intérieur un réseau protoplasmique polygonal, parfois très apparent, d'autres fois en ne voit que de fines granulations (pl. I, fig. 13 et fig. 23, *m*). Les aréoles protoplasmiques indiquent la place de vésicules jaunes expulsées par la cellule. La forme granuleuse a été vue par Hamann, mais, je le répète, ce n'est point l'état parfait de la cellule.

Les cellules muqueuses sécrètent une glaire abondante quand on excite l'Astérie ; quant aux cellules mûriformes, je leur attribue un rôle défensif, une ressemblance physiologique avec les nématocystes des Cœlentérés ; j'en reparlerai à propos des pédicellaires.

Les cellules mûriformes existent chez les *Astropecten*, l'*Echinaster sepositus*, les *Asterias* ; elles sont beaucoup plus rares chez les autres espèces : les cellules muqueuses, très nombreuses chez les *Asterias* et les *Astropecten*, sont moins fréquentes chez les autres Astéries.

On sait les magnifiques couleurs de quelques Astérides : le rouge orangé de l'*Astropecten aurantiacus* qui lui a valu son nom spécifique, le rouge vif de l'*Echinaster sepositus*, etc., sont dus à un pigment spécial : ce pigment rouge se trouve dans les cellules de l'épithélium externe, sous la forme de petits granules ; il résiste à l'action de l'acide osmique, mais disparaît dans l'acide azotique et l'alcool à 90° ; les cellules pigmentées, après la destruction de leur principe colorant, ont un protoplasma rempli de granules (pl. I, fig. 18, *e*), ce qui montre que chaque grain de pigment a un substratum protoplasmique. Les autres pigments tégumentaires (violet, etc.) sont également contenus dans les cellules épithéliales.

Entre les bases de ces diverses cellules, se trouve une couche fibrillaire, qui est le plexus nerveux superficiel (pl. I, fig. 12, 18, 23, *n*).

La composition de cet épithélium reste identique sur la face supérieure et sur la face inférieure ; il revêt tous les appendices, branchies lymphatiques, pédicellaires ou piquants ; il s'interrompt

seulement sur les organes exposés au frottement, tels que le sommet des piquants. Supérieurement, il se continue avec l'épithélium de la rainure ambulacraire et celui du tube digestif.

Les deux couches épithéliales, interne et externe, sont séparées par du tissu conjonctif sous toutes ses formes ; la substance fondamentale fibreuse est la plus importante (Culcite) ; les nodules calcaires, de formes extrêmement diverses, en occupent la partie externe ; pourtant, chez la Culcite, on trouve quelques baguettes logées à la surface interne ; cela est en rapport avec l'épaisseur exceptionnelle du test. Les piquants sont toujours articulés sur des masses calcaires (pl. I, fig. 20, *p*).

L'épithélium externe est quelquefois appliqué directement sur la substance fibreuse ; mais chez les espèces dont la peau n'est pas rigide (*Ast. glacialis*, *Ech. sepositus*, *Asterina gibbosa*), on trouve interposée une couche épaisse de fibrilles élastiques (pl. I, fig. 15, *f*).

Enfin, on trouve dans toutes les coupes, entre cette couche conjonctive et l'épithélium péritonéal, une zone plus ou moins épaisse de fibres musculaires, disposées en tous sens, mais le plus souvent parallèles à la direction du bras ; ces fibres sont des dépendances du cordon musculaire radial ; elles se prolongent dans les brides mésentériques qui relient au test le tube digestif ; elles permettent à la paroi du corps d'effectuer une certaine pression sur le liquide de la cavité générale, ce qui produit la turgescence des branchies lymphatiques, l'évagination de l'estomac hors de l'animal, etc. ; lorsqu'un bras est brisé, soit par autotomie, soit par accident, c'est également à ces fibres qu'est dévolu le rôle de fermer la blessure en rapprochant les parois inférieure et supérieure du bras.

Glandes dermiques de l'Echinaster sepositus. — Cette magnifique Etoile, d'un beau rouge, qui fait l'ornement des aquariums de Banyuls, présente une particularité jusqu'ici unique chez les Astérides. Outre les cellules mûriformes répandues inégalement

dans l'épithélium externe, elle possède de véritables glandes enfoncées dans sa paroi dermique ; celles-ci sont extrêmement abondantes, surtout dans la région des branchies lymphatiques et vers l'extrémité du bras. Teuscher les a découvertes (64), mais les a fort mal décrites.

Quand on examine avec une forte loupe un Echinaster bien vivant, on voit que toute la partie squelettique est recouverte par une épaisse couche dermique peu résistante. Lorsqu'on irrite celle-ci de place en place avec une aiguille, on voit se dessiner de petits pores, et une goutte muqueuse jaillir par l'orifice ; ce mucus est filant et peut facilement s'enlever au pinceau ; il est le plus souvent opalin, parfois légèrement coloré en violet. Quand on l'examine à un fort grossissement (oc. 2, obj. 9 à imm. Nachet), on voit qu'il se compose d'une infinité de vésicules transparentes, de 5 à 6 μ ; quelques-unes sont colorées en violet, parfois en jaune rougeâtre ; on trouve aussi des cellules de la glande projetées par la pression exercée sur le derme.

On retrouve facilement ces glandes sur les coupes (pl. I, fig. 15) ; elles ont une forme assez irrégulière ($\frac{1}{2}$ mm. de longueur) et plus ou moins sphérique. Elles sont enfoncées dans le tissu fibrillaire sous-épidermique, qui leur forme une espèce de gaîne. L'orifice est une dépression peu profonde, sur les bords de laquelle s'arrête l'épithélium externe. La glande est formée d'un stroma conjonctif, composé de mailles larges circonscrivant des espaces ovoïdes (pl. I, fig. 16, *f*) ; dans chaque maille se trouve une cellule volumineuse, qui est la partie intéressante de l'organe ; les vésicules, produits de son activité, sont rejetées sur ses bords ou bien envahissent le tissu conjonctif (pl. I, fig. 16, *v*) ; le noyau est également rejeté à la périphérie. Mais, pour bien se rendre compte de leur constitution, il faut faire une dilacération au carmin osmiqué ; les glandes sont si nombreuses qu'en traitant un fragment d'épiderme, on retrouve toujours des cellules glandulaires facilement reconnaissables. De 27 à 38 μ, à protoplasma extrêmement granuleux,

généralement rondes ou ovoïdes, parfois digitées, leur forme dépend évidemment de la maille conjonctive qui les contient. Le noyau est petit, relativement au volume de la cellule (pl. I, fig. 17, *g*) ; on le voit émigrer vers la périphérie, s'aplatir, peut-être même sortir au dehors ; on trouve en effet un grand nombre de noyaux libres dans la glande (fig. 17, *n*). Dans l'intérieur de la cellule, on aperçoit des éclaircissements qui ne sont autres que les vésicules ; celles-ci sont parfois libres, le plus souvent réunies en une masse centrale, mamelonnée, formées d'utricules rendus polyédriques par compression réciproque ; elles ont une apparence de paroi, à angles réfringents, qui ne se colore pas par le picrocarmin ; le liquide intérieur se colore en rose très pâle. Parfois une grande partie de la cellule est occupée par un amas de vésicules. La cellule se transforme ainsi entièrement (fig. 17, *v*), le noyau resté seul s'entoure à nouveau de protoplasma et recommence le même cycle. Quant aux vésicules produites, elles sont peu à peu rejetées en dehors, en gagnant l'orifice par une sorte de *vis a tergo*.

Les vésicules produites par cette glande de l'*Echinaster sepositus* sont formées de la même substance que les cellules mûriformes que j'ai décrites dans l'épithélium externe des Astéries ; elles se comportent de même à l'égard des réactifs ; cela nous amène à les considérer comme ayant la même fonction défensive : j'en reparlerai d'ailleurs à la suite des pédicellaires.

Squelette, musculature. — On trouvera à ce sujet des détails circonstanciés dans le travail de M. Viguier (67) ; cet auteur a étudié le squelette chez de nombreux genres et en a même déduit une systématique ; je présenterai mes observations à ce sujet, à propos de la classification. Quant à l'odontophore, que MM. Carl Vogt et Yung considèrent encore, à l'exemple de Meckel, comme un soutien ambulacraire modifié, je me range à l'opinion de M. Viguier, qui pense que c'est une pièce spéciale, mais il ne fixe aucunement son vrai rôle. Il me semble que cette pièce a une utilité toute mécanique ; c'est elle qui maintient écartées les pièces ambulacraires

entre lesquelles on la trouve solidement encastrée ; grâce à elle, dans tous les mouvements de l'animal, la bouche conserve sa forme régulière. Enfin on peut observer, lorsqu'on étudie les animaux vivants et non plus desséchés, que, chez tous, le soutien interbrachial prend son appui sur l'odontophore, soit que le soutien soit très réduit (*Astropecten*, *Echinaster*), soit qu'il ait une grande importance (*Culcita*, *Asterina*, *Asterias*). L'odontophore joue un peu le rôle d'une clef de voûte par rapport aux pièces péribuccales, et c'est sur elle que le soutien interbrachial prend une insertion solide. Tout cela me porte à remplacer ce nom d'odontophore, qui est malheureux : d'abord il n'y a pas de dents chez les Astérides, puisque les pièces auxquelles on a donné ce nom ne servent aucunement à la mastication ; ensuite l'odontophore ne les porte pas, puisqu'il est supporté par elles ; il me semble que le nom de *soutien interradiaire*, indiquant sa position et un peu sa fonction, serait préférable.

Lóven a comparé le squelette des Astéries à celui des Oursins, en se basant sur l'étude des jeunes ; il a démontré d'une façon précise que la partie inférieure des bras et du disque des Astéries correspondait au périprocte de l'Oursin avec ses 10 plaques calcaires : les plaques ocellaires (radiales de Lóven) étant rejetées à l'extrémité des bras, les plaques génitales (costales de Lóven) persistant sur le disque (une étant transformée en madréporite, comme chez l'Oursin) ; cela est surtout bien visible chez l'*Asterina gibbosa*, dont le pôle apical a un facies rappelant celui de l'Oursin. Il est à regretter que M. Viguier n'ait pas pris la théorie de Lóven pour base de ses descriptions et qu'il n'ait pas cherché à retrouver les plaques génitales ou costales chez les Astérides qu'il a étudiés dans son travail, d'ailleurs excellent et d'une grande exactitude.

Branchies lymphatiques.

Quand on examine dans un bac une *Asterias glacialis* bien vivante, on voit que la surface totale du disque et du bras est

couverte de petites houppes de cœcums transparents qui cachent presque tous les autres appendices du corps ; quand on touche ces cœcums avec la pointe d'une aiguille, on les voit se contracter vivement, pour s'épanouir peu après (pl. VIII, fig. 11, *br*) : ce sont les *branchies lymphatiques* (Hautkiemen, Kiemenbläschen des Allemands, tubules de MM. Carl Vogt et Yung).

On peut les schématiser ainsi : une portion de la paroi du corps est devenue très mince, s'est pourvue de muscles particuliers et s'est dévaginée au dehors sous la pression du liquide de la cavité générale. Ces branchies existent chez toutes les Astéries, et sont caractéristiques de la famille ; elles occupent les intervalles laissés entre les pièces calcaires du squelette ; elles manquent dans tous les points où le test est exposé aux frottements, la face supérieure, par exemple ; cela est surtout très net chez les espèces pentagonales (*Asterina gibbosa*), dont la face orale en est entièrement dépourvue.

Quand on examine une coupe verticale de ces branchies (pl. I, fig. 20, 21, 22), on voit qu'elles sont formées de trois couches, le prolongement de celles de la paroi du corps. M. Hamann a décrit le premier (20) un petit épaississement cellulaire de la couche interne (pl. I, fig. 21) au sommet de la branchie ; c'est d'ailleurs le point le plus épais, car c'est là que s'exerce la pression la plus forte quand la branchie s'érige sous l'action du liquide de la cavité générale ; lorsqu'on presse un peu fortement sur un bras, de façon à faire refluer le liquide sur les autres points, on voit souvent des branchies qui cèdent sous l'effort et se crèvent. La couche épidermique externe renferme beaucoup de cellules glandulaires, comme celles que nous avons décrites à propos des téguments ; elle est naturellement très vibratile (pl. I, fig. 21, *e*). La couche conjonctive (*f*) renferme des fibrilles musculaires, niées par Hoffmann, Teuscher, affirmées par M. Hamann, les unes longitudinales, les autres circulaires. Les longitudinales sont destinées à rétracter la branchie lorsqu'on l'irrite ; les circulaires à occlure la lumière de l'organe s'il venait à se crever, de façon à ne pas lais-

ser le liquide de la cavité générale s'échapper au dehors. Ces fibres musculaires sont surtout visibles sur des coupes tangentielles. La couche interne péritonéale (*p*) est très vibratile ; les cils déterminent un mouvement gyratoire, reconnu par les plus anciens anatomistes ; on voit souvent des plasmodiums ou des corpuscules sanguins entrer dans la branchie, en faire le tour et s'échapper du côté opposé.

La branchie est entourée d'une lacune circulaire (pl. I, fig. 20 et 22, *l*) dont on voit la lumière de chaque côté de l'organe ; elle a été vue par tous ceux qui se sont occupés des Astérides, Ludwig, Teuscher, Hamann. Hamann en fait une dépendance du système lacunaire de la paroi du corps (Schizocœlraum) ; il ne la représente pas fermée, mais bien continue avec une série de cavités. Il n'en est rien : cette lacune est parfaitement close ; elle n'est pas revêtue de l'épithélium du schizocœle, comme le prétend Hamann ; les noyaux que l'on observe à sa surface sont ceux des cellules embryonnaires situées à ce niveau ; mais il n'y a pas constitution d'un revêtement épithélial. C'est un simple écartement du tissu conjonctif, dont le rôle est le suivant : quand la branchie se dilate, sous l'afflux du liquide interne, elle tend à occlure cette cavité, et par suite elle acquiert une plus grande capacité. Par cette disposition, la perforation de la paroi est aussi réduite que possible, en correspondant toutefois à une surface respiratoire suffisante.

La disposition des branchies varie beaucoup suivant les espèces, mais elles sont toutes calquées sur ce type. Chez les espèces à tégument très épais (Culcite), la paroi du corps renferme de nombreuses cavités irrégulières (pl VIII, fig. 18, *br*), qui vont toujours en se divisant ; ce sont des diverticules de la cavité générale allant s'épanouir au dehors dans les branchies. Chez la *Luidia ciliaris*, la branchie, au lieu d'être simple, comme chez la Cribelle, l'Asterina, etc., forme une touffe serrée de petits cœcums ; le groupe ainsi constitué est entouré de la lacune habituelle (pl. I, fig. 22).

J'examinerai les fonctions des branchies lymphatiques à propos du liquide sanguin.

Radioles vibratiles.

A l'étude des branchies se rattache celle des radioles vibratiles ; on ne les trouve que dans les genres *Luidia* et *Astropecten*.

Chez la *Luidia ciliaris*, le bord du bras est limité par une série de pièces aplaties, perpendiculaires à sa direction, et laissant entre elles des espaces réguliers et assez grands. Ce sont les pièces marginales, portant quatre piquants acérés ; leurs faces latérales, limitant les espaces mentionnés plus haut, sont garnies de très petites radioles articulées, qui leur forment un revêtement continu. Quand on porte une de ces radioles sous le microscope, on voit qu'elle a la forme d'un long cylindre arrondi au sommet (pl. I, fig. 19), de $\frac{1}{2}$ mm. environ et couvert de cils vibratiles extrêmement forts et longs. Au centre, se trouve un réseau calcaire, très délicat, déterminant la rigidité de l'organe (fig. 19, r). Les cils sont portés par un épithélium à cellules allongées ; ils ont une action si forte que la radiole détachée tourne sur elle-même avec une grande rapidité.

Le courant déterminé par l'action de tous ces cils se dirige de la face supérieure vers l'inférieure ; je n'affirmerai pas, car il est bien difficile sur l'animal vivant de déterminer la direction exacte ; pourtant j'ai vu nettement de petites particules en suspension dans l'eau se transporter dans le sens indiqué.

Les branchies lymphatiques de la Luidia sont alignées régulièrement par rangées transversales ; or, à chaque rangée correspond un espace vibratile ; je pense que le mouvement ciliaire a pour but de déterminer un actif appel d'eau sur ces branchies ; sans cela, la respiration serait bien rudimentaire, les paxilles recouvrant la face inférieure et empêchant un facile renouvellement du fluide oxygéné.

Les radioles vibratiles existent aussi chez les *Astropecten auran-*

tiacus, platyacanthus, bispinosus, surtout aux abords du disque; mais elles sont loin d'avoir la même importance que chez la *Luidia ciliaris*.

Pédicellaires.

Ce sont de petits organes de préhension, qui n'existent pas chez toutes les Astéries ; les Astropecten, par exemple, en sont dépourvus.

M. Perrier les a étudiés le premier avec grands détails (43) ; il a établi une distinction en deux formes principales : les pédicellaires qui ont deux mors et une pièce basilaire (Asterias et genres voisins), et ceux qui ont deux ou trois mors, articulés directement sur le tégument (Astéries à deux rangées d'ambulacres).

Chez la *Luidia ciliaris*, on trouve deux sortes de pédicellaires : les uns tridactyles, décrits par M. Perrier ; les autres didactyles, que personne n'a encore signalés. Sur les individus de Roscoff, on voit facilement les premiers, qui se trouvent en petit nombre sur les bords de la rainure ambulacraire ; sur les individus de Banyuls, je n'ai pu en trouver un seul tridactyle ; mais entre les pièces marginales, sur le bord, avec les radioles vibratiles se trouvent des pédicellaires à 2 branches (pl. II, fig. 1); il en existe un à presque tous les intervalles marginaux. De $\frac{5}{4}$ de mm. de longueur, leurs branches finement denticulées se rejoignent sur toute leur hauteur ; le pédicellaire s'articule par sa base sur le test calcaire, un muscle transversal détermine le rapprochement des valves, d'autres externes leur écartement. C'est bien la même espèce qui se trouve dans l'Océan et la Méditerranée ; cette variation est donc simplement individuelle.

La *Gymnasteria carinifera*, espèce voisine de la Culcite et du Pentaceros, va nous fournir un exemple analogue ; j'en ai étudié deux échantillons conservés dans l'alcool, provenant de la mer Rouge (env. d'Obock). M. Perrier décrit chez cette espèce des pédi-

cellaires assez singuliers, situés sur le bord inférieur des bras, parmi les pores des branchies lymphatiques. Rien de pareil n'existe sur mes échantillons : les bras ne portent aucun pédicellaire; mais dans la rainure ambulacraire, attachés aux pièces qui la bordent, se voient de nombreux pédicellaires didactyles (pl. I, fig. 14). La figure remplacera avec avantage une longue description ; les branches dentées s'appuient l'une sur l'autre sur une partie de leur hauteur; par la base, elles se rejoignent également. Un muscle transversal (*a*), détermine le rapprochement des valves ; des muscles externes (*b*), s'attachant sur le calcaire qui sert de support, président à l'écartement ; enfin, un fort faisceau de fibrilles conjonctives (*f*) rattache le pédicellaire à l'échancrure dans laquelle il est enchâssé.

M. Perrier parle également de spicules qui existeraient dans le derme ; il n'y en a certainement pas sur mes échantillons, qui sont pourtant bien des *Gymnasteria carinifera*. Je considère toutes ces différences comme simplement individuelles.

L'*Asterina gibbosa*, espèce très intéressante à divers points de vue, que l'on trouve en abondance à la grève de Roscoff et à Port-Vendres, présente des caractères très particuliers, au sujet des pédicellaires.

La surface inférieure ou aborale est recouverte d'écailles sur lesquelles s'articulent divers piquants, isolés ou réunis par groupes plus ou moins nombreux ; parmi ceux-ci, des groupes didactyles sont assez fréquents. Sont-ce des pédicellaires ? M. Perrier le pense. Or, les caractères différentiels du pédicellaire et du piquant sont la forme, la musculature et les mouvements particuliers. Ces trois caractères sont en défaut chez l'Asterina gibbosa ; les groupes de deux piquants ont même forme, même coloration que les autres ; le muscle transversal qui les relie et qui paraît si caractéristique à M. Perrier, se trouve entre tous les piquants, les reliant deux à deux ; enfin on voit très souvent trois ou quatre piquants d'un même groupe se rapprocher lorsqu'on les excite ; je reconnais volontiers que les groupes de deux se contractent plus fortement et plus vivement que

les autres, cela est surtout sensible sur les échantillons de la Méditerranée ; mais il est impossible d'établir une distinction absolue entre les piquants et les pédicellaires, qui présentent le passage le mieux gradué ; en m'exprimant d'une autre façon, je dirais que ce sont des pédicellaires qui se sont à peine différenciés des piquants.

Je pense que les exemples précédents suffiront à prouver que, dans certaines espèces, ces organes varient suivant la provenance des individus ; cette observation aura une certaine importance lorsque je traiterai de leurs fonctions. Si l'on admet ce fait (qui a encore besoin d'autres exemples, je ne le considère pas comme démontré), on pourra supprimer quelques espèces, qu'on a établies uniquement sur les pédicellaires différents qu'elles présentent.

L'*Asterias glacialis* est l'espèce certainement la mieux douée sous le rapport des pédicellaires, qu'elle présente au plus haut degré de complication.

Comme on le sait, d'après les travaux de Duvernoy, Herapath et Perrier, on peut les diviser en deux groupes : les pédicellaires croisés (forcepiformes de Herapath), et les pédicellaires droits (forficiformes du même auteur). J'y ajouterai un 3me groupe, celui des pédicellaires tridactyles.

Les premiers, très petits, en nombre immense, formant des collerettes autour des piquants, se composent de trois pièces, deux mors et une pièce basilaire décrite par M. Perrier ; chacun des mors présente une sorte de queue ou de manche, passant l'une à droite, l'autre à gauche de la pièce basilaire (pl. I, fig 1).

Les muscles, décrits plus ou moins exactement par M. Perrier, sont au nombre de six : deux très réduits (fig. 1, *b*), destinés à l'ouverture des branches, s'insérant d'une part sur la pièce basilaire, d'autre part sur la partie externe du mors ; quatre destinés à la fermeture, les deux premiers entrant à l'intérieur des branches et s'insérant sur leur trame calcaire d'une part, sur la pièce basilaire d'autre part (fig. 1, *a*) ; les deux derniers forment un double faisceau transversal s'attachant sur cette dernière et sur la queue des

branches (fig. 1, *a'*). Ce n'est pas tout; quand on examine avec une forte loupe les pédicellaires croisés sur le vivant, on voit un pédoncule blanc qui se bifurque pour embrasser le pédicellaire (fig. 1, *f*) : c'est ce que M. Perrier appelle muscle moteur général; ce n'est pas un muscle, mais bien un amas de fibrilles conjonctives très fines et très résistantes; le faisceau se divise en deux branches qui se croisent l'une l'autre pour aller englober la queue de chacun des mors. Nous verrons tout à l'heure son utilité.

J'ai cru devoir donner une figure de pédicellaire croisé, celle de M. Perrier étant inexacte à divers points de vue, surtout quant à la constitution histologique.

Pour étudier l'histologie des pédicellaires, il faut en faire des coupes. La préparation la plus instructive est la section verticale d'un piquant avec sa collerette de pédicellaires croisés ; la moitié d'une coupe semblable est représentée dans la fig. 2, pl. I.

Toute la base de cette collerette, tissu flexible et mobile, est formée de fibrilles conjonctives à gros noyau mêlées avec des fibres musculaires, le tout formant un lacis qui échappe à la description ; de nombreuses cellules embryonnaires s'y trouvent mêlées. On reconnaît les éléments à leurs diverses colorations par le carmin ; les pédoncules des pédicellaires, colorés en rose vif qui tranche vivement sur la coloration moins foncée des autres éléments, restent isolés jusqu'à la base de la collerette ; là, leurs fibres se dissocient et se perdent dans un lacis très confus mêlé aux autres fibres (fig. 2, *f*). Une partie de la collerette remonte le long du piquant qui lui sert d'axe ; il y a là de nombreuses fibres musculaires (*m*), ce qui explique comment celui-ci peut être recouvert par la gaîne qui l'entoure ; ces muscles s'insèrent sur la masse calcaire du piquant, leurs autres extrémités se perdent dans le tissu de la collerette.

On rencontre sur la coupe des pédicellaires (*p*), dont on voit très bien les divers muscles, colorés en jaune d'or ; tout ce qui n'est pas calcaire est formé de fibrilles conjonctives. Le tout

est recouvert de l'épithélium externe, qui descend entre les pinces, où il est interrompu de place en place pour laisser passer les aspérités calcaires. L'épithélium est identique à ce que j'ai décrit précédemment ; il est excessivement glandulaire ; on voit aussi beaucoup d'espaces clairs, vacuoles intercellulaires.

Pédicellaires droits. — Les pédicellaires droits sont moins nombreux que les précédents, isolés ou par petits groupes ; leur taille est parfois considérable, jusqu'à 4^{mm}.

Ils sont formés de trois pièces calcaires creuses, connus depuis longtemps, une basilaire et deux mors. La figure donnée par M. Perrier du pédicellaire droit d'*Asterias glacialis* ne concorde que peu avec ce que j'ai observé ; elle se rapporterait plutôt à l'*Asterias rubens*. Sur les pédicellaires adultes de 2 ou 3^{mm}, les mors ne s'articulent pas sur toute leur longueur, comme il le représente, mais seulement par leur extrémité, qui est élargie et pourvue de dents s'engrenant avec leurs congénères (pl. I, fig. 9). Parfois, sur certains échantillons, cette partie dentée s'élargit considérablement, et le mors prend une forme discoïde (pl. I, fig 10) ; il a alors une forte dimension, 3 et 4^{mm}.

Avant d'arriver à la forme représentée dans la fig. 9, les pédicellaires driots d'*Ast. glacialis* présentent dans leur jeune âge l'aspect que M. Perrier a représenté, et qui est fixé chez l'*Ast. rubens*.

L'appareil musculaire de ces organes a toujours été fort mal décrit ; il faut l'étudier sur des coupes longitudinales, qui ne sont pas très faciles à pratiquer, il est vrai, mais qui fournissent des résultats très nets (fig. 11, pl. I). Il y a six muscles, qui n'ont que peu ou point de ressemblance avec les muscles du pédicellaire croisé : deux petits faisceaux destinés à l'ouverture de la pince (fig. 9 et 11, *b*), qui s'insèrent sur la pièce basilaire et sur la partie externe et inférieure de chaque mors ; quatre destinés à la fermeture, dont deux très grands, entièrement cachés dans les pièces calcaires, allant du fond de la pièce basilaire où ils s'insèrent

jusqu'à l'extrémité du mors (fig. 11, *a*) ; les deux autres, beaucoup plus petits, s'insérant d'une part sur la pièce basilaire et d'autre part sur la partie inférieure et interne de chaque mors (fig. 9 et 11, *a'*). M. Perrier a décrit et figuré (43) un muscle moteur général s'attachant à la pièce basilaire et rappelant celui des pédicellaires croisés ; ce faisceau n'existe pas ; on peut s'en assurer soit sur le vivant, où il est si facile de le voir à la loupe sur les pédicellaires croisés, soit sur les coupes.

Le pédicellaire droit est enveloppé d'une gaîne conjonctive recouverte de l'épithélium externe. Le tissu conjonctif est formé de nombreuses fibres et cellules embryonnaires, isolées ou réunies par amas (pl. I, fig. 12, *f*). L'épithélium renferme les mêmes cellules glandulaires que nous avons déjà vues.

Je termine par l'étude des pédicellaires tridactyles, qui n'ont été signalés par aucun auteur. Ils sont assez rares, et ne se rencontrent pas sur tous les individus ; on les trouve sur les bras, mêlés aux pédicellaires droits dont ils ont la taille. J'en ai observé à Roscoff et à Banyuls; les échantillons qui en possédaient n'en avaient que deux ou trois sur chaque bras. Les fig. 7 et 8, pl. I, en représentent deux assez différents, l'un n'étant probablement qu'une forme jeune. Ils se composent de 3 mors, articulés sur une pièce basilaire unique ; la musculature est la même que celle des pédicellaires droits. Ils présentent cet intérêt de reproduire chez le type le plus perfectionné des Astéries la forme du pédicellaire de Luidia, qui est le type le plus inférieur.

Variations individuelles. — Les *Asterias glacialis* de diverses provenances montrent des différences considérables pour leurs pédicellaires ; il y a là des variations comparables à celles que j'ai constatées chez la *Luidia ciliaris* et la *Gymnasteria carinifera*. Ainsi, à Roscoff, les échantillons que l'on trouve à Réc'hier Doun, massif de rochers battus par les vagues, vivant au milieu d'une faune assez riche composée exclusivement d'espèces fixées, Ascidies, Bryozoaires, Cirripèdes, Acéphales, etc.., ne présentent que des

teintes sombres ; leurs pédicellaires sont peu nombreux et de très petite taille ; la disposition que j'ai figurée pour les pédicellaires droits est peu nette ; ils sont mixtes entre ceux-ci et ceux d'*Ast. rubens*. Même observation pour une variété naine d'*Ast. glacialis*, de couleur noire verdâtre, que l'on trouve à Banyuls, sous les rochers constamment battus par la mer, et qui vit également au milieu d'une faune d'espèces fixées.

Au contraire, les *Ast. glacialis* que l'on ramène des environs d'Astan (au N.-E. de Roscoff) et qui se trouvent au milieu d'une faune extrêmement riche d'Annélides, de Crustacés, de Bryozoaires et d'Ascidies, présentent des teintes claires, rosées ou blanches, et un développement considérable des pédicellaires, tant droits que croisés ; les collerettes, qui se trouvent autour des piquants, se rejoignent parfois presque toutes ; les pédicellaires droits, très nombreux et très grands (de 1 à 4^{mm}), répondent exactement aux descriptions précédentes (pl. I, fig. 9 et 10). Même observation pour les *Ast. glacialis* de grande taille que l'on ramène du large à Banyuls ; les pédicellaires droits présentent même sur quelques individus des variétés de forme assez considérables.

Développement. — On peut étudier le développement des pédicellaires soit sur des jeunes, soit même chez des adultes, où il y a toujours des organes en voie de formation, enfin sur des bras en voie de rédintégration.

Les deux sortes de pédicellaires ne se différencient qu'à une phase assez avancée. Ils commencent par une légère extumescence du tégument : le mamelon qui se forme se pédiculise légèrement, puis devient bilobé à sa partie libre (pl. I, fig. 3). Dans chacun des deux lobes ainsi formés qui vont toujours en s'accentuant, apparaissent quelques bâtonnets calcaires parallèles, qui se groupent en vertu d'une attraction particulière : ce sont les rudiments des deux mors (pl. I, fig. 4). Quand ils se sont nettement dessinés, apparaît la pièce basilaire, qui prend un accroissement rapide ; elle a alors une forme triangulaire (pl. I, fig. 5). Si c'est

un pédicellaire droit, les pièces vont se dilater et grandir considérablement, de façon à former un appareil complètement creux; on reconnaît dans les trois rudiments les parties constitutives du pédicellaire droit.

Si c'est un pédicellaire croisé, le développement va continuer. Les mors vont s'allonger, des aspérités vont se former à leur surface; la partie inférieure, qui est posée sur la pièce basilaire, s'allonge en une espèce de manche arrondi; ces prolongements passent l'un à droite, l'autre à gauche de la pièce basilaire; les muscles commencent à se former, le pédoncule fibreux apparaît aussi. On reconnaît là facilement les traits caractéristiques du pédicellaire croisé (pl. I, fig. 6).

Ce développement montre combien est peu juste l'opinion de M. Perrier, qui dit, dans son travail sur les pédicellaires : «... La structure si particulière de ces organes (les pédicellaires croisés), suffirait à elle seule pour faire repousser toute idée de filiation ou d'avortement tendant à les unir aux pédicellaires droits » (43, page 213).

On peut en tirer une considération intéressante : nous avons vu que les Astéries qu'on pourrait appeler les plus inférieures, celles à deux rangées d'ambulacres, ont des pédicellaires didactyles, sans trace de pièce basilaire (pl. I, fig. 15, et pl. II, fig. 1) ; les pédicellaires si perfectionnés de l'*Ast. glacialis* passent par cette phase. Il y a mieux : les pédicellaires tridactyles de la *Luidia* se retrouvent également chez l'*Ast. glacialis*, toujours avec la pièce basilaire en plus (pl. I, fig. 7 et 8). Enfin le pédicellaire croisé est un perfectionnement du pédicellaire droit, et nous verrons dans la physiologie qu'il est bien plus utile à l'animal. Suivant l'expression d'Hœckel, si souvent employée aujourd'hui, l'ontogénie du pédicellaire est d'accord avec sa phylogénie.

Physiologie des pédicellaires et des glandes dermiques. — On ne connaît jusqu'ici rien de certain sur les fonctions des pédicellaires,

les opinions émises sont basées sur des observations fausses ou ne présentent pas de généralité.

Il est hors de doute que ce sont des organes de préhension. Mais que sont-ils destinés à prendre? M. Perrier n'émet aucune hypothèse sur leurs fonctions. Romanes et Ewart (54) donnent aux pédicellaires des Oursins un rôle actif dans la locomotion ; il suffit d'observer un Oursin vivant pour se convaincre qu'il se déplace seulement à l'aide de ses piquants et des ambulacres, et que les pédicellaires n'y entrent pour rien. Cette explication n'étant en aucun cas applicable aux Etoiles, qui se déplacent sur une face à peu près dépourvue de pédicellaires, les auteurs précités expliquent leur présence comme étant des organes hérités, vestiges sans utilité pour l'animal. Il suffit de les avoir étudiés, même superficiellement, pour voir combien cette opinion est absurde.

M. Agassiz donne aux pédicellaires de l'Oursin le rôle de transporter les matières fécales sur les parties latérales de l'animal, d'où elles seraient facilement balayées par l'eau de mer. Dans tous les cas, inapplicable aux Etoiles.

D'autres auteurs, se basant sur l'abondance des pédicellaires près de la membrane buccale, leur donnent un rôle de préhension alimentaire. Inapplicable aux Astéries, qui se nourrissent de proies très volumineuses (oursins, crabes, débris de poissons), généralement immobiles; en tout cas, la préhension a lieu au moyen des ambulacres.

Je suis absolument convaincu que les pédicellaires des Astéries ont un rôle purement et exclusivement défensif; je base cette opinion sur de nombreuses observations faites sur des animaux parfaitement vivants, tant à Banyuls qu'à Roscoff. Je prends comme exemple l'*Ast. glacialis*; cet animal est entièrement dépourvu de parasites ou de corps étrangers fixés sur ses appendices; il n'y a même ni Diatomées, ni Vorticelles, si abondantes chez les Ophiures. Il est pourtant vulnérable, car un ver pourrait pénétrer par l'orifice d'une branchie lymphatique, en perforant celle-ci, qui n'est qu'une

mince membrane; je pense que les pédicellaires servent à la défendre. En effet, si l'on touche, même très légèrement, une partie du tégument ou une collerette de pédicellaires, les branchies lymphatiques environnantes se contractent pour se dilater dès que l'excitation cesse. Si l'on touche la collerette de pédicellaires croisés d'un côté seulement, il n'y a que les branchies tournées vers ce côté qui se contractent.

Quand on laisse tomber sur le tégument un petit Annélide ou un Nématoïde, les phénomènes qui se passent sont des plus remarquables : dès que l'animal a touché une collerette de pédicellaires, les branchies lymphatiques environnantes se contractent rapidement et restent dans cet état tant que le ver s'agite. Les piquants environnants, malgré leur apparente fixité, se penchent très nettement vers celui-ci, pour aider les pédicellaires qui l'ont capturé; leur collerette de pédicellaires se penche le plus possible pour chercher à saisir et à immobiliser l'animal qui se débat. En même temps, les cellules glandulaires, si abondantes sur les appendices du test, rejettent leurs produits ; l'animal se trouve enveloppé de mucus, criblé de vésicules qui ont peut-être une action vénéneuse, et sa mort ne tarde pas à arriver.

Qu'on ne dise pas que les Astéries puissent en tirer un parti quelconque ; j'en ai vu de parfaitement vivantes et acclimatées, capturer ainsi des Annélides de 5 à 6^{cm}, qui rampaient à leur surface ; les Annélides sont morts rapidement ; les pédicellaires les ont retenus pendant un certain temps, un jour et plus, puis les ont rejetés. L'*Asterias glacialis* harponne tous les corps vivants de petite taille, qui irritent sa surface tégumentaire, les garde jusqu'à leur mort, et même au delà, quels que soient ces corps, toujours très différents de la nourriture habituelle. J'ai trouvé souvent, en dilacérant des pédicellaires sous une forte loupe, de petits Nématoïdes que je n'avais pas aperçus au premier abord et qui avaient été tués probablement par les cellules glandulaires.

Les nématocystes des Cœlentérés sont aussi des organes de dé-

fense, très redoutés par tous les animaux qui vivent auprès d'eux. Si l'on met dans un bac une Actinie bien épanouie, à côté d'une *Asterias glacialis* d'Astan, par exemple, et que l'on regarde comment se comportent les animaux qu'on y met vivre, on voit qu'un Palémon fuit avec la même rapidité, lorsqu'il lui est arrivé de toucher avec ses antennes l'Actinie ou l'Astérie. Chaque fois que l'on blesse une Astérie, soit en irritant sa surface externe, soit en la disséquant, elle sécrète une quantité considérable de mucus qui ne peut jouer là qu'un rôle défensif. Quand on irrite une portion de tégument dépourvue de pédicellaires, située, par exemple, entre deux collerettes, on voit ces deux masses s'incliner, se rapprocher jusqu'au contact pour saisir l'ennemi supposé qui les attaque.

Toutes ces observations sont applicables aux pédicellaires droits; ceux-ci sont portés par un pédoncule épais et plus ou moins long; si on touche la base avec une aiguille fine, d'un côté quelconque, on voit le pédicellaire s'incliner du même côté, avec plus ou moins de vivacité, pour saisir l'ennemi qui le menace. Lorsqu'il croit être arrivé à son niveau, il ferme brusquement ses valves, précédemment ouvertes; s'il n'a rien saisi, il les rouvre peu après et reprend sa position primitive, si l'excitation a cessé. Le pédicellaire droit peut décrire presque une demi-circonférence dans le plan vertical ou horizontal.

La relation que j'ai déterminée entre l'abondance des pédicellaires et la richesse de la faune vient encore à l'appui de l'opinion que je soutiens. On peut encore faire remarquer que les espèces pourvues de pédicellaires dans la rainure ambulacraire n'ont pas de commensaux, tandis que la *Luidia ciliaris*, l'*Echinaster sepositus*, les divers *Astropecten* ont presque toujours un ou plusieurs Annélides (*Ophiodromus flexuosus*, *Acholoë astericola*) dans la rainure ambulacraire, aux mouvements desquels les organes si délicats qui s'y trouvent se sont habitués (Banyuls).

Le faisceau fibrillaire qui soutient la base des pédicellaires croisés peut avoir pour but d'empêcher un écartement trop grand des

branches (pl. I, fig. 1, *f*), mais je le crois surtout destiné à consolider ces organes ; il est tordu sur lui-même pour offrir plus de résistance. En effet, lorsqu'ils harponnent un animal étranger, les pédicellaires ont parfois à supporter une traction considérable ; si celle-ci vient à être très forte et brusque, le pédicellaire est emporté par la partie saisie ; il s'est séparé du pédoncule conjonctif, qui reste attaché à l'Astérie ; c'est donc au point d'union des branches et du pédoncule que l'effort est le plus considérable ; on comprend alors que le pédoncule augmente la résistance du même point. Les pédicellaires droits, ayant une large base et étant beaucoup plus robustes, sont naturellement dépourvus du faisceau fibreux.

Nous avons vu que les seuls points vulnérables étaient les ambulacres et surtout les branchies lymphatiques. Aussi les pédicellaires sont-ils en grande abondance dans l'une et l'autre de ces régions. Chez toutes les Astéries qui possèdent des pédicellaires, ceux-ci se trouvent soit au milieu des pores lymphatiques, soit sur les bords de la rainure ambulacraire (*Culcita*, *Pentaceros*, *Archaster*, etc.).

Mais il y a bien des Astéries dépourvues de pédicellaires ; comment se défendent-elles ?

L'*Echinaster sepositus*, qui a une peau molle et vulnérable, possède un nombre immense de glandes venimeuses qui, au moindre choc, font jaillir leur contenu ; elles sécrètent des vésicules toutes semblables à celles des cellules mûriformes d'*Ast. glacialis*. Ces glandes ont un rôle physiologique identique à celui des pédicellaires.

L'*Astropecten aurantiacus*, qui a de nombreuses branchies lymphatiques, n'a ni glandes ni pédicellaires. Mais on sait que les branchies sont logées entre les paxilles, pièces calcaires portant à leur sommet un cercle de piquants rayonnants, le tout formant un grossier parasol. Sur les animaux bien vivants et bien épanouis, les branchies se gonflent et passent entre les intervalles laissés par les paxilles ; si l'on touche, même légèrement, le sommet de l'une des branchies, celle-ci se contracte d'abord, puis on voit les paxilles

se rapprocher, leurs piquants rayonnants s'abaisser en se mêlant à leurs voisins, de façon à former un toit impénétrable au-dessus du point lésé ; l'ennemi se trouverait infailliblement pris entre les divers piquants. De plus, l'Astropecten a de nombreuses cellules mûriformes et muqueuses dans ses téguments (pl. I, fig. 18) ; quand on l'irrite ,il sécrète également une grande quantité de mucus. Les paxilles jouent ici le même rôle que les pédicellaires d'Asterias et les glandes d'Echinaster.

Chaque Astérie a très probablement ses moyens de défense en rapport avec ses ennemis particuliers; pour les connaître, il faudrait observer ces animaux parfaitement vivants et dans leur milieu naturel, ce qui est souvent difficile.

Un dernier argument : chez l'*Holothuria impatiens,* on trouve des filaments très nombreux, les tubes de Cuvier, destinés à être rejetés au dehors; M. Jourdan (*) qui les a bien étudiés, les considère comme organes défensifs : « Il est facile de voir, dit-il, combien ces gros filaments gluants sont incommodes pour les animaux qu'ils atteignent. » L'épithélium interne de ces tubes est formé de grosses cellules tout à fait semblables aux cellules mûriformes que nous avons décrites ; dans leur forme jeune, ces cellules ont également un protoplasma en réseau polygonal. Il est intéressant de retrouver à tant de distance exactement les mêmes cellules venimeuses.

Je ne parle que pour mémoire des piquants qui bordent la rainure ambulacraire ; quand on irrite les ambulacres, ceux-ci se contractent et les piquants s'abaissent sur la rainure qu'ils ferment complètement. Il en est de même pour ceux qui entourent l'œil et le tentacule terminal du bras ; les piquants forment une sorte de paupière épineuse dont la contraction est extrêmement rapide.

(*) Jourdan, *Ann. Mus. d'Hist. nat. de Marseille*, t. I, 1883.

Autotomie.

La *Luidia ciliaris* est une belle espèce, très vive, qui court sur les fonds rocheux, les algues flottantes, etc.; on la trouve souvent en train de dévorer l'appât sur les cordes à pêcher le chien de mer (Roscoff). Lorsqu'on la saisit vivement, le morceau reste entre les doigts et elle s'échappe rapidement. Grâce à une contractilité excessive des fibres musculaires péritonéales, la blessure se ferme immédiatement par l'application intime de la surface inférieure sur la surface supérieure. C'est un mode défensif particulier, analogue à celui du Crabe, qui laisse sa patte entre les mains de celui qui l'a saisi (Fredericq).

Les Astéries ont presque toutes ce mode de défense particulier, qui est l'*autotomie*. Si un bras est attaqué et que les moyens ordinaires de défense soient impuissants, la partie lésée se sépare du reste de l'individu, qui peut alors fuir librement. Chez l'*Ast. glacialis*, la rupture a presque toujours lieu au ras du disque ; chez les autres espèces, *Astropecten*, *Luidia*, *Echinaster*, *Asterina*, dans un intervalle quelconque de deux vertèbres brachiales. Les bras qui repoussent ont souvent un pigment différent (*Ast. glacialis*) ; généralement, il ne reste aucune trace de la séparation, si ce n'est une différence de taille ; les divers organes se reforment très rapidement ; j'ai vu, sur un *Echinaster sepositus* adulte, un bras en voie de rédintégration mesurant 3^{mm} ; l'œil, le tentacule et les ambulacres étaient parfaitement formés. Dans la rédintégration, il se forme un bouchon cicatriciel formé de cellules embryonnaires, de globules du sang qui viennent s'y accoler ; puis tous les organes lésés bourgeonnent en gardant leur structure propre.

Tube digestif.

Les Astérides possèdent un appareil digestif volumineux remplissant une grande partie du disque et des bras. Dans ses grandes

lignes, il est connu depuis longtemps (Tiedemann, Müller et Troschel) ; il est formé en règle générale d'un œsophage rétréci débouchant dans un vaste sac stomacal à parois très circonvolutionnées. De ce sac partent inférieurement dix cæcums glandulaires très plissés, qui se rendent dans les bras : ce sont les *cæcums radiaux*, et encore plus bas, près de l'orifice anal, se trouve un certain nombre de glandes que j'appellerai *cæcums stomacaux*. L'anus manque chez les *Luidia* et les *Astropecten* ; il n'y a pas de cæcums stomacaux chez la *Luidia*, comme cela a été constaté par Müller et Troschel. Quand l'anus existe, il est asymétrique et occupe une position tout à fait constante : quand on regarde l'Étoile par la face inférieure ou aborale, la plaque madréporique étant placée en avant, c'est toujours dans l'interradius suivant, à droite de la plaque, que l'on trouve l'anus (pl. V, fig. 9, 10 et 11, *an*). Lóven a montré qu'il en était de même chez le très jeune Oursin régulier, mais, chez celui-ci, l'anus se déplace peu à peu vers la droite, de façon à se placer en face de l'espace ambulacraire qui suit l'interradius qu'il a quitté. Ces rapports ont une très grande importance à propos de la fixation du plan antéro-postérieur de l'Astéride.

Asterias glacialis. — Le tube digestif commence par une partie horizontale, qui s'invagine au centre pour former l'orifice buccal ; à partir de cette bouche (pl. IV, fig. 1 et 2), le tube digestif va en s'élargissant ; ses parois se plissent beaucoup ; enfin, après avoir donné naissance aux cæcums radiaux, le sac s'accole contre la paroi inférieure et interne du test, où il reçoit les cæcums stomacaux. Une zone très nette, très glandulaire, localisée à cette partie inférieure du tube digestif, présente de petits plissements nombreux, formant une espèce de velouté, qui se prolongent dans la partie inférieure du cæcum radial. La partie œsophagienne est lisse, plus vivement colorée, et paraît aussi plus glandulaire que la portion très plissée qui la suit et la sépare de la zone stomacale.

Ce type général peut s'appliquer à tous les Astérides ; chez tous, le commencement et la fin du sac stomacal sont un peu plus glan-

dulaires que la partie intermédiaire ; mais, chez aucun type, cela n'est si net que pour les *Echinasteridæ*. La portion inférieure du sac stomacal, suivant l'état de plénitude de ses cellules, est teintée en rouge vif ou en orangé ; la portion supérieure ou œsophagienne présente un développement inusité (pl. II, fig. 14) ; quand on ouvre un *Echinaster sepositus* par la face inférieure, après avoir enlevé la plus grande partie du sac stomacal, on voit dix poches d'un rouge brun, à parois extrêmement plissées, qui forment une couronne autour de l'œsophage ; elles mesurent environ 4 ou 5^{mm} ; elles sont limitées par les fortes brides mésentériques qui relient le tube digestif aux axes vertébraux ; leur cavité interne est presque effacée par leurs nombreux replis ; comme l'œsophage présente la même coloration rouge, on peut les considérer comme des appareils glandulaires qui lui sont surajoutés, d'où le nom de *poches œsophagiennes* que je propose. La *Cribella oculata* en possède également, moins vivement colorées ; il est probable que la Culcite, le Pentaceros et le Gymnasteria en ont de fort volumineuses, mais l'alcool déforme tellement le tube digestif qu'on n'en peut donner une description exacte.

Cæcums radiaux. — Les cæcums radiaux existent chez toutes les Astéries que j'ai étudiées ; morphologiquement ce sont des diverticules du sac stomacal, qui s'étendent dans la partie libre des bras. Ils n'apparaissent qu'assez tardivement ; chez un jeune *Astropecten squamatus*, dont le grand rayon (mesuré du centre de la bouche à l'extrémité du bras) mesurait 12^{mm} (le quart de la taille adulte), ils avaient une longueur de 4^{mm} (pl. III, fig. 5) ; c'était un simple allongement tubulaire du sac stomacal, sans replis accentués, et présentant la même histologie.

Mais, chez l'adulte, ils sont très différenciés ; un large sac très aplati (pl. II, fig. 20, *p*) porte des poches latérales perpendiculaires à sa direction, et qui alternent régulièrement; ces poches à leur tour se plissent latéralement un certain nombre de fois, ce qui produit une augmentation de surface considérable ; il n'y a que ces der-

niers plissements qui soient colorés en noir ou en brun, le reste garde une teinte blanchâtre identique à celle de l'estomac. Le sac médian, qui en est le prolongement direct, s'élargit à sa base et débouche par un très large orifice dans le tube digestif. Parfois, ces cæcums semblent naître par paires sur un même prolongement (Asterias, Müller et Troschel) ; d'autres fois, ils sont très écartés ; ce sont là des détails sans importance ; ils sont parfois très courts, chez les *Astropecten platyacanthus*, *spinulosus* et *squamatus*, où ils n'atteignent guère que le tiers du bras. De même chez le *Palmipes*, cette jolie et singulière espèce, régulièrement pentagonale ; comme la cavité des bras est presque nulle, les cæcums radiaux restent cantonnés dans le disque, mais n'en existent pas moins (pl. II, fig. 13, *r*) ; ils ont une longueur de 4 à 5^{mm} chez un échantillon dont R $=21^{mm}$. La structure que nous venons de décrire est celle des familles des *Asteriadæ* et des *Astropectinidæ ;* les familles des *Echinasteridæ* (*Echinaster*, *Cribella*) et des *Asterinidæ* (*Asterina*, *Palmipes*, *Solaster*) présentent un perfectionnement particulier : le sac médian s'allonge considérablement et forme un réservoir volumineux qui, dans la position naturelle de l'animal, est situé en dessous du cæcum radial ; ce réservoir va environ jusqu'à la moitié ou aux trois quarts du cæcum, il est marqué de plis obliques régulièrement espacés (pl. II, fig. 11, 13, 18) ; il débouche largement dans le sac stomacal, dont il n'est qu'une continuation (pl. II, fig. 15, *s*.).

Cæcums stomacaux. — Nulle partie ne présente plus de variations de forme ; on leur a donné les noms de Blinddarmchen (Tiedemann), de cæcums interradiaires (Müller et Troschel), ce qui implique une idée d'alternance avec les cæcums radiaux ; je rejette ce nom, car cela n'est aucunement vrai ; ces cæcums se logent où ils peuvent, prennent les formes et les positions les plus diverses et n'ont aucune relation morphologique avec les interradius. MM. Carl Vogt et Yung les ont appelés cæcums rectaux chez l'*Astropecten aurantiacus*, comme représentant le rectum qui

manque chez cette espèce ; il n'y a qu'à faire remarquer que ces cæcums existent aussi chez les Astéries pourvues d'anus pour faire rejeter cette opinion.

Ce sont de simples diverticules du sac stomacal, analogues aux cæcums radiaux, présentant la même histologie ; on peut s'en convaincre par l'étude du développement ; chez de très jeunes *Astropecten aurantiacus* (R=82^{mm}), on les voit apparaître comme de simples prolongements tubulaires du sac stomacal (pl. III, fig. 4) ; ces prolongements, d'abord séparés, se réunissent ensuite, puis se plissent considérablement à leur intérieur ; ils atteignent lentement leur taille adulte.

On sait qu'ils manquent chez la *Luidia* ; la partie inférieure du sac stomacal ressemble alors beaucoup à la même partie chez les Ophiures ; elle est étroitement appliquée à la paroi du corps par de nombreuses brides mésentériques. Chez tous les Astropecten que j'ai étudiés, les cæcums stomacaux assez réduits forment une masse partagée en deux lobes accentués par une forte bride mésentérique qui s'attache au test. Les deux lobes sont plus ou moins égaux et réguliers chez l'*Astropecten aurantiacus*, ce sont les Blinddarm de Tiedemann (pl. III, fig. 6) ; assez petits mais égaux chez les *Astr. spinulosus* et *squamatus* (pl. III, fig. 7) ; chez l'*Astr. hystrix*, les deux lobes sont très allongés et flottent librement dans la cavité générale (pl. III, fig. 9). Enfin, chez l'*Astropecten platyacanthus*, chacun des lobes émet un certain nombre de petits tubes secondaires, qui se ramifient encore à leur extrémité (pl. III, fig. 8).

Si l'on coupe avec soin la bride mésentérique et ses adhérences au test, on voit qu'à l'endroit où devrait se trouver l'anus des plaques calcaires se disposent par rangées concentriques en s'amincissant graduellement, de façon à limiter un petit espace central (pl. III, fig. 7 et 9, *a*), si bien que l'on pourrait croire à un orifice anal ; effectivement, le test est réduit en ce point à une lame très mince, mais n'est pas perforé. On sait, d'après Lóven, que l'anus

se pratique de dedans en dehors, le test s'amincissant de plus en plus jusqu'à perforation complète (*Ast. glacialis*). A côté de la *Luidia ciliaris* qui présente une paroi parfaitement lisse et sans trace d'amincissement, les *Astropecten* sont arrêtés à une phase postérieure, mais l'orifice n'est pas encore pratiqué ; enfin, chez les *Archaster*, si voisins des Astropecten qu'il est à peu près impossible de les distinguer génériquement, il y a un anus très petit, mais parfaitement formé.

Les cæcums stomacaux sont également formés de deux lobes chez le *Brisinga coronata* (Ludwig, 33).

Dans la famille des *Culcitidæ*, Müller et Troschel ont montré qu'il y a dix cæcums stomacaux ; ils naissent par cinq tubes interradiaires qui se divisent bientôt en deux branches allant dans deux bras contigus ; j'ai retrouvé cette forme chez le *Pentaceros turritus* et le *Gymnasteria carinifera*.

Chez l'*Asterina gibbosa*, ils sont assez réduits, et divisés en cinq lobes assez profonds (pl. II, fig. 11, *c*, et 12). Le *Palmipes* a cinq longs tubes assez grêles (pl. II, fig. 13, *c*).

Chez l'*Echinaster sepositus*, la *Cribella oculata*, les cæcums stomacaux sont fort irréguliers, ils forment une très grosse poche, vivement colorée, qui suit toutes les sinuosités de la paroi inférieure ; il y a généralement cinq lobes, chacun d'eux se bifurquant pour aller dans deux bras contigus (pl. II, fig. 15 et 17). Si on ouvre un de ces sacs, on voit qu'ils ne sont pas simplement plissés à leur intérieur, mais bien couverts de villosités assez grandes, visibles à la loupe (pl. II, fig. 16). Chez tous ces types, cet appareil glandulaire débouche dans le sac stomacal par une large ouverture, susceptible d'être fermée par un sphincter. A l'extrémité opposée, il se prolonge pour former un court rectum de quelques millimètres, pourvu de fortes parois musculaires ; les excréments, pour sortir (s'ils le font, ce qui est douteux), sont forcés de traverser la glande.

Chez les *Asterias glacialis* et *rubens*, les glandes sont très irrégulières et présentent beaucoup de variations individuelles ; elles

sont formées d'un nombre variable de tubes allongés, peu ramifiés, divisés en deux groupes par une bride mésentérique, et qui convergent tous vers un même point ; suivant l'état de leurs cellules, ils sont colorés en noir verdâtre ou en gris ; j'en ai vu une fois de pourpre, comme les cæcums d'*Echinaster*. Quand on les pique avec une aiguille, on les voit se contracter légèrement ; ils possèdent, en effet, une forte couche musculaire. A l'intérieur, ils sont extrêmement plissés. Chez les jeunes *Asterias* (pl. II, fig. 19), il n'y a qu'un très petit nombre de cæcums ; à mesure que l'animal avance en âge, le nombre augmente, et la glande se complique jusqu'à atteindre l'état représenté fig. 19. Ces cæcums stomacaux ne s'insèrent pas directement sur le tube digestif ; l'estomac se prolonge en un court rectum, et c'est sur les flancs de ce rectum que débouche la petite poche à parois épaisses formée par leur réunion ; leur contenu, malgré cette disposition en apparence défavorable, peut pourtant refluer dans l'estomac, lorsque le rectum est fermé du côté anal par la contraction de ses parois ; ce qu'on prouve au moyen d'injections poussées par l'extrémité d'un des tubes, le plus souvent le liquide coloré passe dans l'estomac sans qu'une goutte s'échappe par l'anus.

Histologie. — Le tube digestif est formé de quatre couches : une interne, l'épithélium glandulaire, munie d'une épaisse cuticule ; une couche conjonctive, une musculaire, et une zone externe formée par l'épithélium péritonéal. La couche musculaire est très épaisse dans la portion horizontale de l'œsophage, où elle est formée de fibres rayonnantes (pl. IV, fig. 16, *m*), ce qui explique comment la bouche peut se fermer ou s'ouvrir largement ; elle est formée de fibres circulaires dans les cæcums stomacaux (pl. II, fig. 21, *m*) ; enfin elle est très mince dans le sac stomacal et manque absolument dans les cæcums radiaux. La couche conjonctive, formée de fibrilles et de tissu fondamental, varie d'épaisseur suivant les points où on l'observe, comme la couche musculaire. Elle est excessivement mince dans les cæcums radiaux (pl. II, fig. 26).

Dans tous les plissements ou villosités, elle envoie une lame soutenant l'épithélium glandulaire (pl. II, fig. 21). Chez les *Culcitidæ* et l'*Ophidiaster Chinensis*, on trouve un grand nombre de spicules dans la couche conjonctive, ainsi que dans les brides mésentériques. Ces spicules ont les formes les plus diverses (pl. III, fig. 10), petits bâtonnets, plaques aréolées, mais jamais ils ne sont géométriquement définissables.

Il y a deux sortes de cellules glandulaires, les unes muqueuses, très peu répandues, les autres granuleuses, qui secrètent le ferment digestif et qui sont de beaucoup plus importantes. Pour les étudier avec fruit, il faut les laisser 24 heures dans l'acide osmique à 1 p. % et les dilacérer après l'action plus ou moins prolongée de l'eau distillée. (Procédé de Ranvier.) Les cellules muqueuses (pl. II, fig. 22, *q*, fig. 24) sont calycinales ; elles se composent d'un vaste élargissement en forme de coupe, supporté par un pédicule contenant le noyau ; on observe parfois un réticulum très clair qui se trouve dans la coupe (pl. III, fig. 3) ; ces cellules sont vibratiles et portent deux ou trois cils, mais sans plateau cuticulaire. On les trouve un peu partout, mais les poches œsophagiennes de l'*Echinaster sepositus* en sont la place de prédilection ; elles sécrètent une glaire transparente. qui enveloppe les proies dont les astéries se nourrissent, mais je ne crois pas qu'elles aient une action directe dans la digestion. Les cellules en forme de bouteille que décrit M. Hamann n'existent pas ; je n'en ai jamais trouvé dans mes nombreuses coupes ou dilacérations, tandis que j'ai constaté bien des fois la présence des cellules que je décris.

Les cellules granuleuses sont bien différentes ; très longues, de 70 à 180 μ, elles contiennent un protoplasma réticulé et un noyau ovoïde, nucléolé ; leur base se rétrécit beaucoup et s'insère sur la couche conjonctive sous-jacente. De petits granules réfringents se forment dans le réticulum protoplasmique (pl. II, fig. 23 et 25) ; quand ils ont atteint une certaine taille, ils tombent dans les intervalles jusqu'à ce que la cellule soit remplie. Je ne m'explique pas

comment ces granules peuvent sortir de la cellule, puisque celle-ci est recouverte d'un plateau cuticulaire avec un ou deux cils vibratiles (pl. III, fig. 3, *c*), toujours est-il qu'ils s'échappent d'une façon ou d'une autre, laissant le réticulum protoplasmique recommencer une nouvelle évolution; sur le vivant, ces granules sont d'un jaune pâle, rarement légèrement pourprés ou bruns. Je me suis assuré que les Ophiures présentent des cellules identiques à granules bruns dans tout le revêtement stomacal. D'après les recherches de M. Jourdan, l'élément digestif des Holothuries est semblable au type que nous venons de décrire. Enfin, chez les Actinies, d'après les travaux des frères Hertwig *, le canal œsophagien (Schlundrohr), en outre des cellules muqueuses et épithéliales, contient un grand nombre de cellules digestives à gros granules qui me paraissent identiques à celles des Astéries, avec le même mode de sécrétion.

Chez l'*Echinaster* et la *Cribella*, les granules digestifs de l'estomac présentent une taille plus considérable que dans les descriptions précédentes (fig. 24, 25, 26), ce qui donne à la cellule allongée un singulier aspect; elle est formée d'un empilement de petites sphères qui ne se touchent pas, étant séparées par le réticulum protoplasmique qui les a formées ; ce n'est d'ailleurs qu'une simple variété, les caractères microscopiques restent identiquement les mêmes.

On trouvera sans doute une certaine ressemblance entre les cellules digestives de la Cribelle et les cellules mûriformes de l'épithélium externe (comparer les figures précédentes avec la fig. 12, pl. I, *m*), elles ont une forme semblable, mais là s'arrête le parallèle qu'on peut établir ; en effet, les deux sortes de granules se comportent d'une manière tout à fait distincte avec les divers réactifs: ainsi les granules digestifs sont réfractaires au carmin, qui colore les autres en rose ; ils ne résistent pas du tout à l'acide picrique, qui laisse intacts les seconds.

* O. et R. Hertwig, *Die Actinien*, Jena, 1879.

Toutes mes figures représentent des cellules en activité, pleines de granules ; mais l'aspect est tout à fait différent, lorsque les cellules sont vides ; on ne voit plus que de grands filaments protoplasmiques, présentant les formes les plus diverses, et sans trace de granulations. A part cet état indifférent, les cellules granuleuses sont répandues en plus ou moins grand nombre sur la surface du tube digestif; elles sont plus nombreuses au commencement (zone œsophagienne) et à la fin (zone stomacale) (pl. II, fig. 22, 23, 25) ; dans la partie intermédiaire, elles sont mêlées à beaucoup de cellules indifférentes ; les cæcums stomacaux (pl. III, fig. 2), les cæcums radiaux (pl. III, fig. 1) présentent un épithélium entièrement formé de cellules digestives. Le réservoir du cæcum radial (pl. II, fig. 26) est un peu moins actif que celui-ci. Nous avons déjà vu que l'épithélium est un peu particulier chez les *Echinasteridæ* ; les poches œsophagiennes (pl. II, fig. 24) contiennent beaucoup de cellules à gros grains mêlées à des cellules muqueuses.

Enfin, sauf dans les cæcums stomacaux, on trouve partout des cellules muqueuses, rares, il est vrai.

Une couche fibrillaire, qui doit être considérée comme nerveuse, court entre les bases des cellules ; je l'ai trouvée allant en diminuant d'épaisseur, dans toute l'étendue du sac digestif, depuis l'œsophage jusqu'à l'anus ; elle se prolonge, également très réduite, dans le réservoir du cæcum radial ; enfin, chez l'*Astropecten aurantiacus*, je l'ai retrouvée avec une netteté indiscutable dans les cæcums stomacaux. M. Hamann a reconnu que dans l'œsophage se trouvait une couche nerveuse, mais la figure qu'il en donne n'est pas très exacte ; il avoue qu'il n'a pas pu la suivre plus loin. J'en reparlerai d'ailleurs, à propos du système nerveux, où je donnerai les preuves de sa nature nerveuse, cette question étant en ce moment des plus discutées.

Physiologie. — Tous ceux qui ont observé les Astéries au bord de la mer connaissent bien leur singulier mode de préhension des aliments. Quand une Étoile a trouvé une proie à sa convenance,

elle dévagine son sac stomacal, qui s'applique sur celle-ci, et l'enveloppe complètement dans ses replis ; la digestion paraît être extérieure ; à la vérité, les particules alimentaires se détachent peu à peu sous l'action des sucs digestifs, mais elles sont attirées et comme dégluties dans la portion du tube digestif qui est restée à l'intérieur, et là s'opère la véritable dissolution des aliments et leur tranformation en substances solubles. Dès qu'on dérange l'Astérie, elle abandonne son repas et fait rentrer son estomac à l'intérieur du corps. Pour le dévaginer, elle contracte les muscles péritonéaux ; la pression du liquide de la cavité générale fait alors sortir le tube digestif ; pour le réintégrer, les muscles des brides mésentériques se contractent, et l'attirent à l'intérieur.

A Banyuls, on voit dans les bacs des *Asterias glacialis* qui attaquent de gros oursins et dévorent toutes les parties nutritives situées sur le test. A Rec'hier Doun (Roscoff), j'ai trouvé à marée basse, dans un petit bassin rempli d'eau, une Astérie de la même espèce qui était en train de manger un *Portunus puber* de forte taille, qui venait de muer ; les Astéries immobilisent en ce cas leurs proies au moyen de leurs ambulacres. Leurs mets favoris sont les mollusques, et surtout les lamellibranches; bien que ceux-ci puissent appliquer leurs valves l'une contre l'autre, l'Astérie les embrasse étroitement, sécrète une glaire douée de propriétés venimeuses particulières, si bien que le mollusque cède bientôt et entr'ouvre ses valves, sans pouvoir les refermer ; l'estomac se dévagine, s'introduit dans l'intervalle laissé libre et a bientôt tout dévoré ; on peut répéter facilement cette observation en mettant dans le même bac des *Asterina gibbosa* et des pectens ou des moules. L'*Asterina gibbosa* arrive même à digérer extérieurement des gastéropodes très turbinés, tels que des bigorneaux (*Littorina littorea*) ; quant aux proies de petite taille, cette espèce les avale en tout ou en partie et les digère intérieurement (bras d'Ophiures, Phascolosomes).

Les *Asterias rubens*, si fréquentes sur certaines plages, font de

véritables ravages dans les bancs d'huîtres ou de moules, surtout dans les bancs naturels, qui ne découvrent jamais. Les ostréiculteurs disent qu'à certaines époques ont été détruits des bancs entiers à Cancale, Oléron, Arcachon, etc. ; M. de Montaugé cite des parcs d'huîtres portugaises à la Tremblade, dévastés par les Etoiles*. Dans la rivière d'Auray, se trouve un banc naturel de 10 à 12 kil. sans dicontinuité ; des Astéries ont été apportées par les pêcheurs, qui nettoient leurs filets, près d'un banc dit de l'Ours, à peu près au milieu de la rivière ; ce banc est en ce moment dévasté. La seule ressource des ostréiculteurs est de faire draguer à fond les parties attaquées, puis de porter les Etoiles à terre, où elles peuvent servir pour améliorer les terres argileuses ; l'habitude qu'ont certaines personnes d'enfiler les Etoiles sur un bâton pointu, comme on le fait pour les limaces, et de les rejeter sur la plage, me paraît tout à fait insuffisante, ces animaux ayant une vitalité extraordinaire ; une autre mesure préventive, les Astéries étant peu voyageuses, est d'engager les pêcheurs à ne pas jeter les Etoiles qui se trouvent dans leurs filets, dans les endroits où elles n'ont pas encore apparu.

Tous les *Astropecten* et *Luidia* que j'ai étudiés avalent de préférence les mollusques dont ils se nourrissent, tandis qu'on en trouve plus rarement dans le tube digestif des autres espèces ; j'ai trouvé une fois une vingtaine de *Venus ovata*, toutes vidées et digérées, dans l'estomac d'un *Astropecten aurantiacus* adulte. Il est utile de remarquer que les coquilles ne sont jamais brisées (ce qui prouve qu'il n'y a pas la moindre trace de mastication) et que les détails calcaires les plus délicats sont parfaitement conservés. Deux *Luidia ciliaris* capturées à Roscoff en été 86 ont été prises sur des cordes à pêcher le Chien de mer (*Scyllium canicula*), en train de dévorer le poisson mis comme appât. Enfin, j'ai trouvé dans l'estomac de divers *Astropecten* des débris de Crustacés, de Céphalopo-

* De Montaugé, *Les ennemis des huîtres*, pag. 16.

des et des écailles de poissons. On voit que si les Astéries sont carnassières, elles s'accommodent volontiers de toutes sortes d'aliments.

Les aliments ne pénètrent jamais ni dans les cæcums radiaux ni dans les cæcums stomacaux ; le contenu de ceux-ci s'écoule naturellement dans le tube digestif lorsqu'il en est besoin, la contraction musculaire des cæcums stomacaux aidant beaucoup les mouvements du produit sécrété. A l'état de jeûne, les cæcums radiaux sont vides ou ne renferment que peu de matières, dans lesquelles on reconnaît facilement les granules digestifs, soit fondus ensemble en présentant l'apparence de larges gouttes graisseuses, soit encore isolés.

Quel est le rôle de l'anus ? J'ai vu une seule fois une *Asterina gibbosa* et un *Echinaster sepositus* expulser quelques excréments par l'anus; on sait que le rectum est fort musculeux, les corps sont projetés brusquement loin de l'Astérie. Mais l'emploi de l'anus doit être singulièrement restreint ; je crois qu'il n'agit que lorsque les excréments pénètrent accidentellement dans les cæcums stomacaux ; les corps non digérés sont le plus souvent rejetés par la bouche, comme cela a lieu forcément pour les Astropectinidæ et les Ophiures.

On s'accorde généralement à attribuer aux cæcums stomacaux une fonction d'excrétion ; leur position près de l'anus semble confirmer cette manière de voir ; Milne-Edwards dit qu'on y a trouvé de l'acide urique *. Dans cette hypothèse, comment expliquer que des organes si importants manquent chez la *Luidia* ? Ils existent chez les *Astropecten,* où il n'y a pas d'anus et où leur produit d'excrétion serait forcé de traverser tout le tube digestif.

Ils présentent la même histologie, la même coloration que les parties très glandulaires du canal digestif. Enfin j'ai cherché nombre de fois à déceler la présence de l'acide urique par le procédé classique, et j'ai toujours obtenu un résultat négatif, en me

* Milne-Edwards, *Leçons de physiologie,* tome 5, p. 324.

plaçant dans les conditions les plus diverses, alors que des organes vraiment rénaux, comme le corps de Bojanus des Acéphales ou des Molgules, me donnaient franchement la coloration de la murexide.

Nous verrons, à propos du liquide sanguin, comment peut s'opérer l'excrétion.

Système nerveux.

Le système nerveux des Astérides a été et est encore l'objet des plus graves discussions ; l'incertitude ne porte pas seulement sur les éléments constitutifs, mais sur sa place même : ce qui est nerveux pour les uns est du tissu conjonctif ou un épithélium pour les autres ; on voit combien les avis sont partagés.

Avant d'aborder l'historique de la question, je crois qu'il vaut mieux exposer le résultat de mes recherches ; cela rendra plus facile la discussion et l'exposé des diverses opinions.

Quand on examine la face supérieure ou orale d'une Astérie, débarrassée de ses ambulacres, on voit à la limite du pentagone dessiné par les pièces calcaires du disque, un léger soulèvement de la membrane buccale, qui se prolonge dans les cinq bras au fond de la gouttière ambulacraire, où il se termine par l'œil et le tentacule médian. Si l'on pratique des coupes verticales et transverses du péristome ou des bras (pl. IV, fig. 6, 7 et 16, *n*), on voit qu'en dessous de cet épaississement, se trouve un large vaisseau ou sinus (*s*, fig. 7 ; *r*, fig. 16) qui, en règle générale est séparé, en deux par un septum plus ou moins épais ; en dessous encore, séparé de ce sinus soit par les muscles vertébraux (fig. 7, *x*), lorsque la coupe passe par une vertèbre, soit par une lame conjonctive, lorsqu'elle passe entre deux vertèbres consécutives (pl. VIII, fig. 10), se trouve un second vaisseau bien limité qui est le canal ambulacraire (*a* ou *b*).

C'est dans l'épaississement supérieur (*n*) que se trouve le système nerveux, courant entre les bases de cellules épithéliales.

Une couche conjonctive, de mince épaisseur, revêtue d'un épithélium pavimenteux, le sépare du sinus sanguin sous-jacent (pl. III, fig. 11, *s*) ; cet épithélium revêt également le septum vertical, qui renferme les formations les plus diverses, comme nous le verrons à propos de l'appareil circulatoire.

La dissection et l'étude du vivant ne peuvent nous en apprendre plus long ; il faut avoir recours à divers réactifs ; le plus précieux est l'acide osmique à 1 p. 0[0, que l'on fait d'abord agir seul, et que l'on compare ensuite à des préparations au carmin osmiqué ; quand la coloration est aussi foncée que possible (24^h et plus), on transporte 24^h et 48_h dans l'eau distillée, afin de dissocier les éléments ; on dilacère dans la glycérine ; les coupes minces très colorées au picrocarmin ou au carmin boracique donnent aussi de bons résultats. Dans l'exposé qui va suivre, je me suis trouvé contraint de répéter quelques faits constatés par des auteurs précédents, surtout par M. Hamann ; mais comme M. Hamann a presque toujours étudié des individus extrêmement jeunes, de quelques millimètres de diamètre, et d'une seule espèce, il n'est pas inutile de généraliser chez les adultes les découvertes qu'il a pu faire ; de plus, elles ont été contredites ou interprétées d'une autre façon par des auteurs plus récents, M. Perrier entre autres (50), ce qui rend nécessaire une deuxième affirmation. Ces recherches sont assez délicates et les controverses assez ardentes pour qu'une constatation nouvelle soit superflue.

Le cercle nerveux et les cordons radiaux ont exactement la même constitution ; ils sont formés d'un épithélium à cellules filamenteuses extrêmement allongées, entre lesquelles se trouvent les éléments nerveux (pl. III, fig. 11). La partie inférieure de la cellule épithéliale s'appuie sur le tissu conjonctif sous-jacent (*f*); la partie supérieure, un peu élargie, s'épate pour supporter un épais plateau cuticulaire, muni de un ou deux cils vibratiles assez courts et peu actifs. Les cellules entières mesurent 140 μ ; les noyaux sont localisés à la partie supérieure, tous situés à peu

près à la même hauteur ; ils sont gros, ovalaires ou sphériques, nucléolés, le plus souvent collés en saillie sur le filament cellulaire et entourés d'une petite quantité de protoplasma (pl. III, fig. 13, *b*). Dans la portion élargie de la cellule, on trouve quelques granulations protoplasmiques ; chez l'*Astropecten aurantiacus*, le ruban nerveux est coloré en jaune (c'était le vaisseau orangé de Tiedemann, orange farbene Gefäss); cela est dû à des grains irréguliers de pigment jaunâtre situés dans les cellules que je viens de décrire (pl. III, fig. 13, *a*, *j*). La cuticule mesure 4 μ d'épaisseur ; elle est formée des plateaux cellulaires juxtaposés.

Entre les filaments cellulaires et sur une hauteur de 120 μ, se trouve la substance nerveuse, fibres et cellules. Les fibrilles sont longitudinales dans le cordon radial, circulaires dans l'anneau nerveux. Ce sont des fibrilles extrêmement ténues, dont on ne peut approfondir la structure même aux plus forts grossissements (1400 fois); c'est une masse de substance granuleuse, à structure fibrillaire ; elle est réfractaire au carmin, se colore en gris par l'acide osmique ; les fibrilles ne sont pas raides et parallèles, mais plutôt s'anastomosent continuellement, de façon à former un plexus grossièrement fibrillaire (pl. III, fig. 12, *n*). Sur les coupes transversales, elles donnent l'apparence d'un pointillé tellement fin, qu'avec les crayons les plus durs on n'en peut reproduire exactement l'aspect. Partout où on les trouve, elles répondent exactement à cette description, ce qui les rend assez faciles à reconnaître ; elles sont toujours parallèles les unes aux autres ; jamais je n'ai vu dans mes nombreuses coupes ou dilacérations, cette apparence de faisceaux croiseurs dont parle M. Hamann.

Les cellules nerveuses sont fort peu nombreuses, on les voit isolées au milieu des fibrilles et dispersées irrégulièrement ; c'est dans le cordon radial et l'anneau nerveux qu'on en trouve le plus fréquemment, mais il y en a partout où existent les fibrilles. Elles sont fusiformes (pl. III, fig. 12), à gros noyau rond, nucléolé, occupant exactement le centre du fuseau ; il est impossible de voir

si les fibrilles dépendent de ces cellules bipolaires ; celles-ci paraissent simplement intercalées entre les fibrilles. Ce sont les seules cellules nerveuses qui existent, et l'on voit qu'elles sont peu importantes ; toutes celles multipolaires que l'on a décrites (Wilson, Lange, Perrier, Carl Vogt et Yung) sont des cellules du tissu conjonctif ou des cellules épithéliales, et n'ont aucun rapport avec celles que nous venons de définir.

Le cordon radial n'est pas nettement délimité, comme l'ont prétendu Teuscher, Wilson, Carl Vogt et Yung, mais il se continue latéralement avec l'épithélium externe des ambulacres (pl. VI, fig. 8, et pl. IV, fig. 6) ; dans les espaces interambulacraires, il s'étale en diminuant d'épaisseur. Hoffmann, Lange, Ludwig, Hamann ont bien vu cette continuation ; l'épithélium ne change presque pas de forme ; la couche nerveuse diminue d'épaisseur et se trouve comme toujours entre les bases des cellules ; dans l'ambulacre, les fibrilles sont alors circulaires, je n'en ai jamais rencontré de longitudinales (M. Hamann). A la ventouse (pl. III, fig. 22), l'épaisseur de la zone fibrillaire augmente légèrement, ainsi que la hauteur des cellules ; les cellules épithéliales sont longues, filamenteuses, avec un noyau nucléolé situé à différentes hauteurs ; elles portent une cuticule épaisse munie de cils vibratiles très forts. On ne trouve qu'assez rarement des cellules glandulaires comme celles de l'épithélium externe. M. Jourdan a donné une description fort erronée de l'épithélium de la ventouse des Astéries, et il ne parle pas de la couche nerveuse.

A l'extrémité du bras, le ruban nerveux (pl. III, fig. 14, 15 et 16) porte les godets oculaires et revêt le tentacule terminal ; j'en réserve la description au chapitre des organes du tact.

Le cercle nerveux péribuccal n'est pas non plus limité (pl. IV, fig. 16), il se continue directement avec le revêtement du tube digestif (Ludwig, Hamann). L'épithélium revêt la portion horizontale de l'œsophage, s'invagine au centre pour former la couche interne glandulaire du tube digestif. La couche nerveuse le suit-elle dans

tout son parcours ? M. Hamann a pu la suivre dans le commencement de l'œsophage chez de très jeunes *Asterias rubens*, mais il n'a pu aller plus loin : « Wie ihr Verhalten zu den Zellen des Mitteldarm und der radiaren Blinddarme ist, konnte ich nicht eruiren (20, pag. 14) ». J'ai repris ses études chez les adultes et chez toutes les espèces que j'ai pu avoir vivantes ; j'ai obtenu un résultat parfaitement général, grâce au précieux réactif du système nerveux, l'acide osmique : les cellules glandulaires deviennent noires, tandis que la substance nerveuse reste grise ; je ne me suis décidé à affirmer son existence pour chaque espèce que lorsque j'avais pu voir nettement la structure fibrillaire caractéristique. Quant à la direction des fibrilles, M. Hamann croit qu'elles sont longitudinales, c'est-à-dire parallèles à l'axe du tube digestif ; je les crois bien plutôt circulaires ; toutefois je n'oserai l'affirmer d'une façon précise.

Dans l'œsophage, la zone nerveuse a une épaisseur d'environ 20 μ, plus d'un huitième de la hauteur des cellules glandulaires ; on la retrouve jusque dans les moindres replis des poches œsophagiennes des *Echinasteridæ* (pl. II, fig. 24, *n*).

Dans l'estomac, la zone nerveuse se continue en diminuant insensiblement d'épaisseur, (pl. II, fig. 22 et 25, *n*) ; elle a à peu près le dixième de l'épaisseur totale ; les cellules glandulaires sont bourrées de granules sur presque toute leur longueur ; le reste est un petit filament qui plonge dans les fibrilles nerveuses et va s'attacher au tissu conjonctif sous-jacent. Pour voir cette disposition avec netteté, il faut choisir un moment où les cellules sont vides. On trouve ainsi une couche nerveuse jusque dans la partie tout à fait inférieure du sac stomacal (fig. 22).

Restent les glandes annexes, cæcums radiaux et stomacaux ; nous avons vu qu'elles ne naissent que tardivement et comme prolongements de la surface stomacale ; j'ai trouvé une zone nerveuse mince, ayant $\frac{1}{10}$ de l'épaisseur totale, dans le réservoir du cæcum radial des *Echinasteridæ* et des *Asterinidæ* (pl. II, fig. 26,

n) ; chez les *Asteriadæ* et les *Astropectinidæ*, où n'existe pas ce réservoir, j'ai trouvé au commencement du sac médian sur lequel sont greffées les poches latérales et glandulaires du cæcum, une mince couche nerveuse, ayant $\frac{1}{18}$ de l'épaisseur totale, notamment chez l'*Astropecten aurantiacus*. Mais chez tous les types, la couche nerveuse diminue peu à peu d'épaisseur, et il est impossible de la reconnaître au delà du premier tiers ou de la moitié du cæcum. Enfin, dans la partie vraiment glandulaire colorée en brun (pl. III, fig. 1), je n'ai jamais trouvé trace de fibrilles.

Dans les cæcums stomacaux peu développés chez les *Astropectinidæ*, j'ai trouvé une couche nerveuse dans toute leur étendue ; elle est fort mince, $\frac{1}{18}$ de l'épaisseur totale (pl. III, fig. 2, *n*). Je n'en ai jamais trouvé dans les glandes bien développées des autres familles ; je n'affirmerai pas la non-existence d'une zone nerveuse, à cause des difficultés particulières que l'on éprouve à faire une bonne dilacération ; toutefois il est infiniment probable que la zone nerveuse s'arrête à leur base.

Enfin, pour terminer cette étude du système nerveux, il me reste à parler du *plexus nerveux superficiel* ; c'est M. Hamann qui l'a découvert et décrit le premier chez de jeunes *Ast. rubens* ; je ne sais s'il est facile de le constater chez les jeunes, mais chez les adultes, il faut faire un grand nombre de coupes et de dilacérations avant d'en obtenir de passables. Le grand obstacle est formé par les cellules glandulaires, qui rejettent leur produit de sécrétion dès qu'on touche l'épiderme, ce qui entrave notablement l'action de l'acide osmique ; toutefois, avec beaucoup de patience et quelques tours de main, on arrive à avoir de bonnes préparations. Cette zone nerveuse, cachée entre les bases des cellules épithéliales, revêt absolument tout l'épiderme ; les fibrilles paraissent former un plexus plus lâche que dans les points où nous en avons précédemment signalées ; la zone nerveuse présente une épaisseur assez variable, $\frac{1}{8}$ environ de la hauteur des cellules épithéliales ; elle est un peu plus épaisse dans les branchies lymphatiques (pl. 1, fig. 23, *n*), les

pédicellaires (pl. I, fig. 12, *n*), qui sont les organes les plus délicats du test.

J'ai reconnu cette couche superficielle chez toutes les espèces à tégument mou, comme *Asterias glacialis*, *Echinaster sepositus*, aussi bien que chez celles dont l'épithélium est collé sur le squelette, comme l'*Astropecten aurantiacus* (pl. I, fig. 18, *n*) et l'*Asterina gibbosa*. Cette zone nerveuse est en continuation directe avec celle du cercle nerveux et des cordons radiaux ; on voit dans les coupes l'épithélium du ruban nerveux se continuer avec l'épithélium ordinaire du corps en s'amincissant considérablement ; les fibrilles nerveuses suivent le trajet de l'épithélium dans lequel elles sont enclavées.

Ce plexus nerveux superficiel, tel que je viens de le décrire, es évidemment homologue de celui que MM. Jourdan et Hamann ont trouvé chez les Holothuries; MM. Lóven et Prouho (*) chez les Oursins ; mais les dispositions anatomiques sont notablement différentes, ce qui s'explique d'ailleurs par la différence de position des cordons nerveux radiaires et buccaux chez ces derniers Echinodermes.

Je ne puis m'empêcher de signaler la ressemblance extraordinaire qui existe entre le système nerveux des Astérides et celui des Actinies, tel qu'il nous est connu par les beaux travaux des frères Hertwig ; on n'a qu'à regarder leurs figures, notamment la coupe du tentacule d'*Anthea cereus*, pour se convaincre de l'identité histologique des deux systèmes. Je ne veux pas faire de rapprochement forcé, mais il est évident que ceux qui veulent éloigner les Echinodermes des Cœlentérés pour les rejeter au delà des Vers, commettent une faute grave. Généralement les rapprochements fondés sur le système nerveux sont très légitimes, et il est impossible de méconnaître les liens qui unissent à ce point de vue les Echinodermes inférieurs, tels que les Astéries et peut-

(*) Prouho, Sur le système nerveux de l'Echinus acutus, Comptes-Rendus, 22 février 1886, n° 8, pag 444.

être les Crinoïdes, aux Cœlentérés supérieurs, tels que les Actinies et les Méduses. *A priori*, il peut sembler bizarre que chez des animaux aussi inférieurs que les Astérides, le tube digestif ait une couche nerveuse aussi développée, sorte de stomato-gastrique continu ; chez les Actinies, on trouve dans le canal œsophagien (Schlundrohr) et jusque dans l'entéroïde, une couche nerveuse passant entre les bases des cellules glandulaires, dont nous avons déjà fait remarquer l'identité avec les cellules digestives des Astéries.

Une différence pourtant à signaler : MM. Hertwig représentent de belles cellules ganglionnaires, très développées, s'unissant souvent en plexus (disque buccal, lamelle musculaire du septum d'*Anthea cereus*) ; la ressemblance avec le système nerveux des Astérides est si frappante que j'ai recherché avec grand soin chez ces dernières les cellules ganglionnaires dans différents organes ; je suis convaincu qu'il n'en existe pas d'autres que les petites cellules bipolaires que j'ai décrites précédemment.

Le système nerveux des Astérides est entièrement contenu dans divers épithéliums ; toute la surface du corps et du tube digestif en est revêtue ; il est, pour ainsi dire, entièrement destiné au tact ; c'est d'ailleurs le caractère du système nerveux des animaux inférieurs. Mais il existe des muscles qui sont en communication physiologique avec les épithéliums extérieurs ; si l'on touche le ruban nerveux le plus légèrement possible, les pédicellaires voisins vont se mouvoir pour chercher à saisir l'ennemi, les ambulacres vont se contracter, les piquants de la rainure ambulacraire vont se rabattre sur celle-ci pour protéger le point lésé ; il est évident que l'impression ressentie s'est transmise aux muscles des pédicellaires, des ambulacres et des piquants. Mais par quelle voie ? Tous les auteurs qui ont parlé de fibrilles nerveuses se rendant vers les muscles ont été trompés par de fausses apparences ou se basent sur des erreurs évidentes d'interprétation ; il est impossible de voir sur les coupes ces fibrilles si ténues passer à travers

le tissu conjonctif, si dur et si compact ; personne ne les a jamais vues, et il me semble peu probable que ce soit par ce moyen que la communication s'établisse. Chez les Ophiures, des nerfs volumineux se détachent du ruban nerveux radial pour aller aux muscles du bras (*Ophiolepis*, *Ophiocoma scolopendrina*) ; il m'a été impossible de déceler une pareille disposition chez les Astérides, bien qu'il soit évident qu'il doit exister quelque chose d'analogue.

Organes des sens. — Les seuls appareils sensoriels sont ceux du tact et de la vision. Mais ici je diffère complètement d'avis avec M. Hamann : dans tout l'épithélium extérieur, pédicellaires, branchies lymphatiques, ambulacres, tentacule, il décrit des cellules spéciales (Sinneszellen), sensorielles, plus délicates que les autres cellules épithéliales dites de soutien (Stützzellen), et qui se continuent directement avec la couche nerveuse sous-jacente. Il en serait de même des cellules de l'œil.

Je suis parfaitement convaincu qu'il n'y a pas continuation entre les cellules épithéliales, sensorielles ou autres, et la couche nerveuse. Une observation négative n'a pas grande valeur, je le sais, aussi ai-je cherché à voir sur les cellules les plus sensorielles possible, si je puis m'exprimer ainsi, c'est-à-dire dans l'œil et le tentacule, comment elles se comportaient à leur base : j'ai pu constater sur des préparations d'une grande évidence (pl. III, fig. 17 et 21), que la cellule s'attache par son extrémité inférieure sur le tissu conjonctif sous-jacent ; le filament qui représente le corps cellulaire est tellement fin, tellement délicat, qu'il peut se rompre souvent, et paraître alors s'enfoncer au milieu de la couche nerveuse ; mais il n'en est rien.

D'ailleurs est-il si nécessaire que la cellule sensorielle se continue directement avec la fibrille nerveuse ? L'excitation se transmettra tout aussi bien si elle en est entourée de toutes parts ; voici une preuve qui me paraît décisive et propre à emporter la conviction : le ruban nerveux, dont les cellules sont moins délicates

et si nettes après l'action de l'acide osmique qu'on peut les suivre une à une (pl. III, fig. 11), montre avec une certitude absolue qu'aucune de ses cellules épithéliales ne se continue avec les fibrilles nerveuses dans lesquelles elles se trouvent plongées ; il n'y a donc pas de cellule sensorielle, au sens où l'entend M. Hamann ; cependant, si l'on touche le ruban nerveux, même avec la plus grande délicatesse, sur un animal bien vivant renversé sur la face inférieure, on voit tous les organes environnants se contracter, se mouvoir en tous sens. L'excitation s'est donc bien propagée.

On retrouve bien, dans les divers épithéliums des cellules plus délicates que les autres, et qui paraissent identiques aux Sinneszellen de Hamann (pl. III, fig. 22, *a*) ; j'ai constaté nombre de fois que ces cellules ne se continuaient pas avec les fibrilles nerveuses; en raison de leur délicatesse, dont la cause est toute mécanique, elles se rompent plus facilement que les autres et paraissent ainsi se perdre au milieu des fibrilles. Je pense donc que ce sont des accidents de préparation qui ont induit Hamann en erreur, et qu'il n'y a pas de cellules sensorielles au sens où il l'entend ; je sais bien que cela choque les opinions généralement reçues, mais je n'ai pu m'empêcher d'exprimer ma conviction.

Organes tactiles. — L'extrémité du bras est le siège du tact le plus délicat ; le ruban nerveux se termine chez l'*Asterias glacialis* (pl. III, fig. 14) par une surface arrondie, portant une tache bien délimitée, colorée en rouge vif. Au-dessus de cette tache oculaire se dresse le tentacule, qui est le prolongement du canal ambulacraire radial (Ludwig) ; il existe dans les plus jeunes stades du développement, comme l'ont montré MM. Agassiz (1), de Lacaze-Duthiers (29), Ludwig (35), etc. ; il n'a donc aucun rapport avec un ambulacre, comme on le dit souvent. Dans les bras en voie de rédintégration, il se reforme presque immédiatement ; on le voit facilement sur des bourgeons de 2 à 3^{mm}. Le tentacule et la tache oculaire qu'il porte à sa base sont abrités sous la plaque ocellaire (radiale de Lóven) et sont entourés d'un cercle de piquants très

mobiles (pl. III, fig. 16). Quand on touche le tentacule, il se rétracte vivement et les piquants en se rapprochant empêchent complètement l'arrivée des sensations extérieures.

Il y a aussi un certain nombre d'ambulacres spécialement destinés au tact; ils sont plus longs, dépourvus de ventouse, enfin gardent le caractère embryonnaire de très jeunes ambulacres (pl. III, fig. 15 et 19, *a*) ; naturellement ils ne servent pas du tout à la locomotion, mais ils passent insensiblement aux ambulacres actifs. Chez l'*Asterias glacialis*, les quatre paires les plus rapprochées du tentacule médian sont ainsi transformées en organes tactiles et fortement pigmentées en jaune ; les quatre à six paires suivantes sont légèrement colorées à la partie terminale, très longues et grêles, elles passent graduellement aux ambulacres à ventouse. Chez toutes les Astéries que j'ai examinées, un certain nombre d'ambulacres terminaux sont ainsi transformés ; lorsque le bras avance, ils tâtent les corps extérieurs, en se retirant au moment du contact, pour s'allonger un moment après, comme un tentacule de Limaçon ; ils sont pourvus de petites vésicules ambulacraires, comme les ambulacres ordinaires.

L'épithélium du tentacule et des ambulacres, voisins est semblable ; les cellules sont très délicates ; à leur base, elles s'attachent sur le tissu conjonctif sous-jacent, en s'épatant légèrement; on en voit quelques-unes dont le filament cellulaire est contracté en spirale : c'est une preuve de plus que les cellules ne se continuent pas avec les fibrilles nerveuses (pl. III, fig. 21). Une cuticule épaisse, portant des cils très longs, termine l'épithélium. La zone nerveuse a à peu près la moitié de l'épaisseur totale, de 70 à 80 μ.

Les ambulacres sont très sensibles aux impressions, grâce à l'épaisseur de leur couche nerveuse ; mais ce ne sont pas des organes du tact, comme on le dit trop souvent ; en effet, la ventouse se fixe sur une paroi que les tentacules se contentent d'explorer. Même lorsque l'Astérie est immobile, fixée par tous ses ambu-

lacres, les tentacules sont constamment en mouvement, à errer dans le liquide ambiant.

Certains Astropecten de petite taille (*Astr. spinulosus, squamatus*) présentent une particularité au sujet des organes tactiles. Quand on les observe dans un bac dont le fond est recouvert d'une épaisse couche de sable, on les voit le plus souvent s'y enfoncer complètement et avec une certaine rapidité ; les cinq extrémités brachiales portant l'œil et le tentacule se relèvent et dépassent la couche sableuse. En outre, on voit s'élever du centre de la face aborale un prolongement conique de près d'un centimètre de hauteur ; ce cône, éminemment sensible, gonflé par le liquide de la cavité générale, paraît destiné à avertir l'animal de l'approche des corps étrangers ; en effet, dès qu'on le touche, il se rétracte rapidement, la face aborale redevient plane et l'animal s'enfonce plus profondément dans le sable.

Organe visuel. — Nous avons vu, au-devant du tentacule, une tache vivement colorée : c'est l'organe visuel, ensemble de petites masses pigmentaires d'un rouge vif ; il est assez rudimentaire et d'une bien peu grande utilité ; les Oursins, les Comatules et les Ophiures en sont dépourvus, et vivent dans les mêmes conditions que les Astérides.

Chez l'*Asterias glacialis*, la tache oculaire est rectangulaire (pl. III, fig. 14); chez les autres types, elle est plutôt ovalaire (pl. III, fig. 16) ; elle est extrêmement réduite chez la *Luidia ciliaris* (pl. III, fig. 15). Pour en faire une bonne description, il faut combiner les études sur le vivant avec les coupes et les dilacérations. L'appareil visuel consiste en une multitude de petits godets pigmentaires séparés par des espaces incolores. Quand on examine de champ, on voit que ces godets sont légèrement creux et ne renferment aucune lentille ni conformation réfractante quelconque (pl. III, fig. 17) ; la cuticule (*c*) qui revêt le cordon nerveux radial descend jusque dans les godets oculaires qu'elle revêt complètement : sur le vivant, je n'ai jamais observé de cils vibratiles.

Les cellules pigmentées forment un revêtement serré ; les plus grandes sont naturellement les plus externes ; celles qui correspondent au fond du godet sont beaucoup plus courtes.

Le pigment formé de granulations d'un rouge vif occupe la partie supérieure et élargie de la cellule ; les granulations, très serrées à la surface, s'écartent un peu en arrivant au noyau (pl. III, fig. 18) ; celui-ci occupe toujours la zone immédiatement inférieure au pigment ; il est gros, ovalaire, avec un nucléole réfringent ; généralement il est en saillie sur la surface latérale de la cellule, entouré d'une mince couche protoplasmique. Le reste de la cellule se réduit à un filament extrêmement fin et délicat, plus ou moins long suivant la place où on l'observe, qui se termine par une extrémité un peu renflée sur le tissu conjonctif sous-jacent. Quand on fait une dilacération au carmin osmiqué après un long séjour dans l'eau distillée, on peut avoir les cellules complètement isolées et constater facilement tous leurs caractères. Parfois le filament cellulaire porte de petits granules protoplasmiques, placés de distance en distance ; assez rarement des filaments secondaires s'en détachent (fig. 18), soit que ceux-ci aillent s'attacher au substratum, soit qu'ils se perdent dans la couche nerveuse ; enfin j'en ai vu qui, partant d'un point de la cellule, venaient s'y recoller un peu plus bas (fig. 18) ; ces filaments n'existent point à toutes les cellules, tant s'en faut ; ils ont évidemment pour but de multiplier les points de contact avec le tissu nerveux. La cellule porte à sa surface la couche cuticulaire qui la protège ; ces plateaux ont souvent une apparence bizarre : ils semblent fichés obliquement sur les cellules ; cela est en rapport, comme on peut s'en assurer en regardant la figure d'ensemble, avec la place où on considère celles-ci ; on en voit, rares à la vérité, qui portent deux de ces plateaux cuticulaires (fig. 18, *c'*). Lange et les auteurs qui l'ont suivi, les ont considérés comme de petits cristallins ; c'est une erreur ; ils se comportent à l'acide osmique comme toutes les cuticules que nous avons pu voir, si fréquentes

dans le tube digestif et les divers épithéliums ; sur le vivant, on voit qu'ils n'ont aucune propriété réfractante spéciale ; enfin, dans des dilacérations, je les ai vus en continuité parfaite avec la cuticule des cellules non pigmentées environnantes.

Le pigment est extrêmement résistant; il garde la vivacité de sa teinte dans l'acide osmique, les acides, l'alcool même absolu, la glycérine ; il est ainsi bien différent de tous les pigments rouges qui colorent le tégument externe.

L'intervalle des godets oculaires est occupé par des cellules filamenteuses ordinaires, mais moins délicates que les cellules visuelles (pl. III, fig. 17); celles-ci s'insèrent sur un espace assez réduit, vers lequel elles convergent. La couche nerveuse ne contient pas plus de cellules nerveuses que dans le reste du cordon radial ; elle est un peu moins épaisse que dans celui-ci, elle occupe environ la moitié de la hauteur des cellules. Tout l'appareil visuel repose sur une couche de tissu conjonctif assez fortement épaissi et contenant beaucoup de fibres à gros noyau.

Historique. — Un grand nombre de travaux se sont succédé sur ces organes visuels, depuis la découverte d'Ehrenberg (1834); la préoccupation d'y retrouver les éléments classiques, cornée, cristallin et rétine, a presque toujours faussé les opinions des auteurs, en même temps que les idées erronées sur le système nerveux les empêchaient de se rendre compte de l'anatomie des godets oculaires.

Mettenheimer, Wilson et Hœckel (1860) ont pris la surface cuticulaire, divisée en petits polygones correspondant aux cellules sous-jacentes (voir pl. III, fig. 17), pour une cornée composée de cellules polygonales.

Jourdain (1865) a donné une assez bonne description de l'œil au point de vue macroscopique; mais il y voyait un cristallin occupant le centre de chaque godet oculaire.

Lange (1876) décrivait l'épaississement conjonctif comme une masse ganglionnaire en communication avec les cellules pigmentaires; il en est de même de Wilson et de Jourdain; ce sont des

noyaux conjonctifs qu'ils ont pris pour des cellules nerveuses.

Ludwig (1878) a fait justice de cette erreur ; M. Hamann (1883) a précisé les connaissances de ses prédécesseurs, mais il a fait continuer ses cellules pigmentaires avec les fibrilles nerveuses ; ses figures pèchent d'ailleurs par plusieurs points. Enfin j'ai montré que je n'étais nullement de l'avis de Lange et de ses successeurs au sujet des pseudo-corps cristalliniens.

La seule raison qui puisse faire considérer cet appareil comme visuel est la présence de ce pigment spécial, car toutes les conformations habituelles des yeux manquent ; suivant l'expression de Jourdain, c'est un œil *photoscopique*, qui donne seulement la sensation de lumière (Vers), en opposition avec l'œil *idoscopique*, fournissant de véritables images (Insectes, Mollusques, Crustacés).

Organes de l'ouïe et de l'odorat. — Ils ne sont pas représentés chez les Astérides ; je les crois complètement insensibles aux sons ; quant à l'odorat, qui paraît être assez délicat chez les Étoiles, car elles reconnaissent bien vite la présence de proies mortes, il peut s'opérer facilement au travers des épithéliums, la couche nerveuse étant tout à fait rapprochée de la surface extérieure (tentacule).

Physiologie. — Quelle est la valeur relative des diverses parties du système nerveux? Y-a-t-il un centre comparable plus ou moins à un cerveau? M. Vulpian, en 1866, avait pensé que tel était le rôle du cercle nerveux ; d'après lui, lorsqu'un bras était séparé du disque, il n'avait plus que des mouvements incohérents : le cercle nerveux était donc un centre de coordination. Cette conclusion, attaquée par Baudelot, puis par Romanes et Ewart, a été reprise par M. Hamann, qui donne au cercle nerveux le nom d'anneau cérébral (Gehirnring.) A Banyuls, où les animaux sont parfaitement acclimatés dans les bacs, j'ai pu répéter nombre de fois diverses expériences dont voici les résultats :

Quand on sépare un bras du disque, en le coupant, par exemple, au niveau de la quatrième vertèbre, on observe bien quelquefois des mouvements de torsion, mais cela est dû au trouble causé

par le traumatisme ; ces mouvements cessent d'ailleurs bientôt, le bras reprend son équilibre, se déplace dans une direction parfaitement rectiligne et va se fixer sur les parois de l'aquarium, comme les Astéries entières ont l'habitude de le faire. J'ai rejeté des bras à la mer, dans un endroit où je pouvais facilement les observer pendant des périodes de calme ; non seulement ils avaient les allures des animaux bien portants, mais ils se déplaçaient parfois spontanément pour aller s'abriter sous un autre fragment de roche (*Asterias glacialis*, *Luidia*). Le plus souvent des bras séparés du disque reprennent leur équilibre, puis restent au point où ils sont placés et ne se livrent plus à aucun mouvement (*Astropecten*, *Echinaster*).

Si l'on sectionne profondément le ruban nerveux radial, les ambulacres situés de part et d'autre de la section exécutent des mouvements non coordonnés.

En somme, par rapport aux ambulacres du bras, le cordon radial joue le rôle de centre coordinateur, comme on peut le voir *a priori* par la direction des fibrilles.

D'autre part, si l'on sectionne le cercle oral de chaque côté d'un bras, le radius ainsi circonscrit exécute des mouvements non coordonnés avec ceux des autres bras ; le cercle nerveux joue donc le rôle de centre coordinateur par rapport aux différents bras ; c'est un *centre brachial*, tandis que le cordon radial est un *centre ambulacraire*.

Enfin le plexus nerveux superficiel se suffit à lui-même. Si, en quatre coups de scalpel, on isole un rectangle sur un bras d'*Asterias glacialis* bien vivant, après un certain temps de repos, on peut faire contracter les branchies lymphatiques du rectangle en irritant les pédicellaires contenus dans la même surface. L'influx nerveux va directement du point excité à la branchie lymphatique, sans passer par un centre quelconque. Naturellement le rectangle ainsi délimité ne ressent en rien les excitations des parties voisines.

Historique. — Je passe sur les travaux de Spix et de quelques autres

qui ont pris des brides mésentériques pour des ganglions nerveux.

Tiedemann (1815) remarque que lorsqu'on enlève délicatement la paroi du vaisseau orangé du bras (*Astr. aurantiacus*), on découvre en dessous un très fin filament blanchâtre, longitudinal, qui se continue autour de la bouche avec un anneau identique. Ce sont les septums radiaires et buccaux du système sanguin que Tiedemann prenait ainsi pour le système nerveux.

Müller(1850) pense que le tégument même du vaisseau orangé est le système nerveux.

Hœckel (1860) inaugure les recherches histologiques ; il décrit un névrilemme, des tubes primitifs, de la substance médullaire ; c'est un mélange méconnaissable de tous les éléments du ruban nerveux.

Wilson (1862) prend les noyaux des cellules épithéliales pour des cellules nerveuses, et ne parle point de fibrilles.

Greeff (1871) est le premier qui s'approche de la vérité, on peut au moins reconnaître ce qu'il décrit ; en étudiant sur des coupes, voici ce qu'il voit dans le ruban nerveux : cuticule ciliée, épithélium aplati formé de petites cellules, couche épaisse peut-être nerveuse, autre épithélium bordant le sinus radial. Greeff a pris pour une couche épithéliale les noyaux des cellules de soutien ; il n'est pas très fixé sur la substance nerveuse, qu'il place aussi bien dans la couche épaisse que dans le septum radial.

Baudelot (1872) déclare que la question est restée pour lui tout à fait obscure chez les Astéries.

Hoffmann (1874) admet dans le ruban nerveux une cuticule ciliée, un épithélium pavimenteux, puis la substance nerveuse, formée de nos cellules de soutien.

Teuscher (1876) est le premier qui assigne nettement un caractère nerveux aux fibrilles sous-épithéliales, mais il n'a vu que les noyaux des cellules de soutien, qu' il décrit comme cellules nerveuses.

Enfin, si nous arrivons aux travaux plus modernes, nous voyons qu'il n'existe plus que deux théories très dissemblables, en désaccord sur la place même du système nerveux : celle de Ludwig, que

M. Hamann et moi ont complétée et généralisée; celle de Lange, que M. Perrier a reprise récemment.

Ludwig a reconnu que les fibrilles sous-épithéliales étaient de nature nerveuse, en confirmant les idées de Teuscher à ce sujet ; il a montré leurs rapports avec les cellules filiformes. M. Hamann, dans un beau travail, a précisé les études de Ludwig ; il a découvert chez les jeunes *Asterias rubens* le plexus nerveux superficiel et la couche nerveuse de l'œsophage ; je ne suis pas de son avis sur nombre de points, relativement aux organes des sens, aux cellules sensorielles, mais on ne peut méconnaître que Ludwig et Hamann sont les seuls auteurs qui aient un peu éclairci cette question si difficile du système nerveux. Quant à la théorie de Lange, un mot d'explication est nécessaire : quand on examine la coupe du sinus radial, on voit qu'il est limité par un épithélium cubique ; cet épithélium est épaissi de place en place à la partie supérieure, soit par des contractions inhérentes au procédé d'étude employé, soit pour toute autre raison. Lange admettait que ces épaississements étaient de nature nerveuse, et s'étendaient dans tout le cercle oral et les sinus radiaux, en contact direct avec le liquide sanguin ; enfin l'œil repose, d'après Lange, sur un volumineux ganglion optique. L'auteur allemand a bien vu la couche fibrillaire sous-épithéliale et les cellules qui la traversent ; mais pour lui, elle est conjonctive ; il l'appelle : *fibrillâre Zwischensubstanz*.

M. Perrier, après avoir adopté les idées d'Hoffmann, c'est-à-dire admettant que tout le ruban brachial est de nature nerveuse, a émis (50) récemment une autre manière de voir qui se rapproche infiniment de celle de Lange.

Comme cet auteur, il admet comme cellules nerveuses l'épithélium cubique du sinus radial et celui du septum ; au niveau de l'œil, il dit également que ces pseudo-cellules nerveuses se mettent en rapport avec les fossettes oculaires. M. Perrier a mal observé le ruban nerveux ; pour lui, le tissu fibrillaire n'est : « qu'une membrane de support traversée dans toute son épaisseur par une multi-

tude de fibres déjà vues par divers anatomistes, qui aboutissent toutes d'une part à certaines cellules de l'épithélium extérieur, d'autre part aux cellules que l'on considérait comme formant la couche épithéliale interne. » Il est facile de voir que les fibres dont parle M. Perrier sont les cellules de soutien, et qu'il a pris leurs noyaux pour un épithélium extérieur, comme Greeff et Teuscher.

Preuves de la nature nerveuse des fibrilles sous-épithéliales. — Dans les études sur le système nerveux des animaux inférieurs, on se heurte à une grave difficulté; comment prouver que telle partie décrite est de nature nerveuse ? Généralement on se base sur la présence de cellules prétendues nerveuses pour le démontrer, c'est un tort; les cellules nerveuses ont rarement une forme caractéristique; elles peuvent être facilement confondues avec des cellules conjonctives (Lange, Wilson, Romanes et Ewart, etc.). Si on mettait à côté l'une de l'autre une cellule conjonctive et une cellule nerveuse, il serait certes impossible de dire, chez les Astérides et chez bien d'autres animaux : ceci est certainement de nature nerveuse.

Mais il y a un élément caractéristique, impossible à confondre avec d'autres types histologiques, qui possède des caractères tranchés et nets : c'est la fibrille nerveuse. C'est une couche de fibrilles que MM. Lóven et Prouho ont montrée dans le plexus nerveux superficiel des Oursins, et avec raison ils n'ont pas considéré les cellules nerveuses comme devant servir de points de repère.

Les fibrilles que nous avons décrites sont bien nerveuses, et pas autre chose ; elles ne se rapportent à aucune variété de tissu conjonctif et s'en éloignent au contraire d'une façon considérable. Enfin elles présentent une identité complète avec les fibrilles des systèmes nerveux bien nets des Holothuries et des Oursins ; je les ai retrouvées chez les Ophiures avec exactement les mêmes caractères ; la ressemblance est frappante avec les fibrilles nerveuses des Actinies et des Méduses, et j'ai déjà insisté sur ce point, quelques pages plus haut.

Les arguments qu'on peut tirer de la morphologie des Echinodermes ne sont pas moins convaincants ; il est vrai que chez les Oursins, les Holothuries et les Ophiures, le système nerveux est placé à l'intérieur de la peau et non plus à l'extérieur, comme chez les Astéries ; il y a là des questions d'embryogénie du plus haut intérêt à éclaircir ; mais le rapport avec les vaisseaux ambulacraires et sanguins est constant.

Liquide sanguin.

Tous les liquides internes des Astérides ont la même composition, qu'ils appartiennent à la cavité générale, à l'appareil sanguin ou aux vaisseaux ambulacraires : on peut donc en faire une unique description.

Le milieu intérieur, suivant l'expression de Claude Bernard, est formé par un liquide tenant en suspension de très nombreux corpuscules figurés, signalés depuis longtemps chez divers Echinodermes. Il n'y a qu'une seule espèce de corpuscules ; ce sont des cellules de petite dimension, 5 à 6 μ, dont le noyau est difficile à voir sur le vivant, émettant à leur périphérie des prolongements amœboïdes parfois très longs (pl. IV, fig. 11) ; leurs mouvements sont peu rapides ; dans l'espace d'une minute, la forme change assez sensiblement. Ces prolongements amœboïdes, véritables pseudopodes d'amœbes, présentent les configurations les plus diverses ; ils sont généralement à peu près isolés ou peu anastomosés ; mais il est des circonstances où il se forme des réseaux d'une complication extraordinaire (vésicules de Poli des Asterinidæ et des Ophiures), lorsque la cellule est bien nourrie, par exemple (pl. VI, fig. 6, présente un réseau très simple). D'autres fois les pseudopodes s'anastomosent de façon à donner la figure d'anneaux se touchant par un point de leur circonférence ; Semper et Geddes signalent ce détail chez les Holothuries et les Oursins. Le protoplasma qui forme les

pseudopodes est très hyalin, tandis que le reste de la cellule est granuleux et contient du pigment ; ce pigment, formé de petits grains colorés, très réfringents, est répandu uniformément dans la cellule ; il est le plus souvent d'un jaune plus ou moins vif, rarement violet (*Cribella oculata*), ou noirâtre (*Astropecten spinulosus*) ; les corpuscules âgés en sont entièrement dépourvus, les jeunes présentent une coloration vive.

Enfin le protoplasma cellulaire contient souvent une ou plusieurs vacuoles remplies d'un liquide légèrement coloré en violet mauve très pâle (pl. IV, fig. 11) ; on retrouve ces vacuoles à teinte indécise dans les taches germinatives des œufs, presque chez toutes les espèces ; c'est du liquide cellulaire qui les remplit.

On ne trouve qu'assez peu de corpuscules isolés ; le plus souvent ils se réunissent pour former des plasmodiums d'un volume variable ; dans ceux-ci, on reconnaît encore vaguement la forme sphérique des diverses cellules composantes (pl. VI, fig. 11 , et pl. VI, fig. 6) ; les amas de pigment ne se mélangent pas non plus ; la périphérie du plasmodium émet les pseudopodes habituels. Souvent la taille du plasmodium est assez considérable pour que celui-ci soit visible à l'œil nu, jusqu'à $1^{mm}\frac{1}{2}$; on en voit tourbillonner dans les ambulacres, les branchies lymphatiques, ce qui permet de bien juger de la circulation dans ces organes. P. Geddes (14), qui a décrit les plasmodiums des Oursins, pense qu'ils ne se forment que lorsque l'animal souffre ; toutes les Astéries que j'ai étudiées m'ont montré des plasmodiums en toute occasion, sur les animaux très bien portants, et je pouvais les voir sur le vivant sans léser aucun organe.

J'ai reconnu ces mêmes corpuscules, avec un pigment jaune identique, chez les Ophiures et les Holothuries (Cucumaria et Synapte), où ils présentent les mêmes caractères ; M. Fœttinger en a donné une description tout à fait erronée chez l'*Ophiactis virens*, où il n'a vu ni les prolongements amœboïdes, ni la constitution du pigment.

Quelle est la nature de ce pigment jaune? MM. Howell et Fœttinger ont constaté que l'hémoglobine existe dans le sang des Echinodermes; au moyen du microspectroscope, ils l'ont localisée dans les corpuscules ; mais la question ne me semble pas résolue dans tous ses détails ; le pigment est certainement respiratoire, il n'y a pas de doute là-dessus. Mais est-ce de l'hémoglobine ? il n'en offre guère les caractères microscopiques ; ses variétés, violettes chez la *Cribella*, brunâtres ou noires chez certains *Astropecten*, semblent indiquer que c'est une substance voisine de l'hémoglobine, sans doute, mais distincte au point de vue chimique et assez polymorphe ; pour rappeler sa parenté et sa couleur, je l'appellerai *hémoxanthine*. Le pigment se détruit peu à peu dans l'acte de la respiration, car on observe que les corpuscules existant depuis un certain temps ne renferment plus qu'un substratum de granules protoplasmiques, sans trace de coloration.

Ce sont les seuls corpuscules figurés contenus dans le liquide sanguin ; tous ceux qu'Hoffmann a représentés sont des débris de cellules qui y sont tombés accidentellement ; on n'en trouve jamais lorsqu'on prend du sang avec les soins convenables. Parfois, mais très rarement, on trouve des cellules chargées de pigment, mais non amœboïdes ; elles appartiennent aux glandes lymphatiques, formatrices des corpuscules sanguins, et sont tombées dans le liquide avant leur parfaite maturité; mais, je le répète, c'est un fait excessivement rare, je ne l'ai constaté qu'une seule fois (*Luidia ciliaris*, liquide ambulacraire).

Le liquide dans lequel ces cellules sont en suspension est de l'eau de mer, avec tous les sels qui y sont contenus et sans autres corps étrangers ; quand on décante dans un cristallisoir le liquide de la cavité générale d'une Astérie et qu'on l'abandonne à lui-même, voici ce qu'on observe : les globules amœboïdes, n'étant plus mis en mouvement par les cils vibratiles, tombent au fond du vase et y forment une couche très visible. Il n'y a aucune trace de coagulation.

Origine des corpuscules sanguins ou globules lymphatiques. — Il y a chez les Astéries une production presque incessante de globules sanguins, correspondant à une destruction constante des mêmes éléments. J'anticipe un peu ici sur les études qui vont suivre ; mais j'ai voulu présenter en un seul faisceau tous les faits relatifs au liquide sanguin, qui joue un rôle capital dans la physiologie des Echinodermes.

Les centres de production des globules sont des glandes, que je propose d'appeler *glandes lymphatiques*. On a fort diversement interprété leur rôle, souvent on l'a soupçonné (Teuscher, H. Carpenter, Hamann, Perrier), mais aucun des auteurs précédents ne l'a démontré d'une façon décisive.

Les glandes lymphatiques sont extrêmement nombreuses chez les Astérides ; la cavité générale, le système vasculaire qui en est une dépendance, et le système ambulacraire en ont chacun une spéciale. La plus célèbre est la *glande ovoïde*, qui est encore l'objet de tant de discussions ; celle-ci et toutes ses dépendances fournissent des globules sanguins au système vasculaire et à la cavité générale ; les *corps de Tiedemann* et les *vésicules de Poli* sont en rapport avec l'appareil ambulacraire. J'étudierai seulement ici l'évolution des cellules qu'elles contiennent ; leur histologie plus détaillée et leur anatomie seront traitées à propos des systèmes avec lesquels ces glandes sont en rapport.

On peut définir schématiquement la glande lymphatique de la façon suivante : trame conjonctive supportant des cellules, à multiplication rapide, qui, une fois chargées du pigment respiratoire, peuvent sortir de l'organe qui les contient pour se répandre dans le liquide environnant (pl. IV, fig. 8 et 10 ; pl. VII, fig. 16 ; pl. VIII, fig. 8 et 9). La cellule jeune présente un gros noyau avec un nucléole réfringent (pl. IV, fig. 12); le protoplasma est très abondant et très granuleux. Le pigment commence à se déposer sous forme de petites sphères d'apparence huileuse, très réfringentes, d'un jaune très pâle, en petit nombre dans chaque cellule

(pl. VIII, fig. 18, *j*). A ce moment la cellule ne présente jamais de mouvements amœboïdes. Peu à peu, les sphères se divisent, se multiplient considérablement, se foncent en couleur ; à l'état parfaitement mûr, la cellule est entièrement remplie de fins granules d'un jaune vif, qui pourraient faire croire à une coloration uniforme (Fœttinger) et en masse de la cellule; mais avec de bons objectifs à immersion, on distingue parfaitement les granulations séparées. Bien avant cet état, dès que la coloration devient un peu vive (pl. VII, fig. 9, *l*), la cellule émet dans la glande même quelques prolongements amœboïdes (pl. IV, fig. 10 ; pl. VI, fig. 7, *l* ; pl. VII, fig. 17); quand elle est arrivée à maturité, elle sort de la glande en repoussant la trame conjonctive sur des points qui y sont prédisposés (pl. IV, fig. 10, *d*), et tombe dans le liquide environnant ; elle offre les prolongements amœboïdes ordinaires avec toutes leurs variétés ; les cellules s'en vont isolément, ou bien forment des plasmodiums comme ceux que j'ai décrits dans le liquides anguin (pl. IV, fig. 12, *cs* ; pl. V, fig. 4 ; pl. VIII, fig. 9, *l*). Parfois des cellules bien nourries, au moment où elles sortent de la glande, émettent des pseudopodes très compliqués (vésicules de Poli Asterina et Ophiure), mais ceux-ci reviennent bientôt au type ordinaire.

On reconnaît facilement qu'une glande lymphatique est à maturité par sa coloration foncée, brune ou noire (*Astropecten spinulosus*) ou violacée (*Cribella*, *Echinaster*) ; on n'a qu'à en détacher un fragment d'un coup de ciseau, à l'examiner dans l'eau de mer aérée, en évitant la compression du couvre-objet, avec un 10 à imm. Nachet, pour reconnaître l'exactitude de ma description ; on voit très bien la trame conjonctive de la glande, la sortie des cellules et leurs différents caractères.

Evolution du globule.—Le corpuscule sanguin ainsi constitué vit pendant un temps impossible à déterminer, qui doit être assez court ; il remplit les fonctions qui lui sont assignées, et que je vais

examiner bientôt. Peu à peu son pigment disparaît, les granulations colorées diminuent en nombre, bientôt il n'en reste plus que quelques-unes ; enfin il arrive un moment où la cellule est tout à fait incolore ; son noyau devient apparent, par suite du départ du pigment qui le cachait ; des vacuoles abondantes se creusent dans son protoplasma ; puis elle se dissout et disparaît aussi dans le liquide sanguin. Elle est remplacée par une autre génération de cellules provenant de la glande lymphatique, qui recommencent le même cycle.

Origine du liquide de la cavité générale.—Nous avons vu que l'Astérie était munie d'un nombre considérable de branchies lymphatiques, à parois excessivement minces. J'en ai donné la description et l'anatomie dans un précédent chapitre. Par ces organes comme par n'importe quelle membrane mince, il s'opère une osmose extrêmement active entre le liquide sanguin et l'eau de mer ; on s'explique ainsi comment ces deux liquides ont une composition identique ; on peut le démontrer facilement par l'expérience, bien que cela soit évident par le raisonnement : si on plonge une Astérie dans l'eau de mer contenant une couleur d'aniline, inoffensive pour l'animal, et qu'on l'y laisse un certain temps, on observe que les branchies lymphatiques sont très colorées ; sur la paroi interne du test, le pourtour des branchies est également teinté ; le liquide de la cavité générale présente une coloration égale à celle du liquide ambiant. Si l'on remet cette Astérie dans l'eau de mer pure, on observe le phénomène inverse, et tout ce qui n'a pas été fixé par les globules sanguins retourne dans l'eau environnante. Il n'y a aucune introduction de liquide par le canal du sable ; je réserve d'ailleurs la discussion de ce fait important à la suite des études anatomiques. C'est donc par la voie des branchies lymphatiques que s'opère l'osmose active entre les deux liquides. La paroi des ambulacres, lorsque ceux-ci sont étendus, présente également des phénomènes osmotiques, un peu moins rapides naturellement, en raison de l'épaisseur plus considérable. Enfin, dans les espèces de petite taille,

il peut s'opérer quelque échange au travers de la portion horizontale de l'œsophage.

Respiration et excrétion.—Les globules sanguins sont constamment remués par les cils des cavités dans lesquelles ils sont contenus ; leur pigment (hémoxanthine) fixe l'oxygène comme l'hémoglobine et va le distribuer dans tout l'organisme ; l'acide carbonique, produit de la combustion, se dissout dans le liquide sanguin et s'échappe par osmose. Le pigment se détruit peu à peu par l'acte respiratoire, en se dissolvant dans le liquide ambiant, et de là il quitte également l'organisme par osmose ; en effet, on n'en trouve point de dissous dans le sang.

Les produits de désassimilation, urates, acide urique, guanine, etc., passent dissous dans la cavité générale ; comme ce sont des sels, ils quittent l'organisme, également par osmose, à travers les branchies lymphatiques. En effet, on ne trouve *aucun* organe d'excrétion chez les Astérides : la glande ovoïde, à qui on a donné autrefois ce rôle (Perrier, Koehler, Apostolidès, Hamann), a une toute autre fonction, c'est une glande lymphatique, comme nous l'avons vu ; les cæcums stomacaux sont des organes digestifs, et pas autre chose. *A priori*, chez les animaux dont les organes et liquides internes sont en osmose continue et facile avec l'eau de mer, il ne doit pas y avoir d'organe excrétoire, car c'est par voie osmotique que les produits de désassimilation et l'acide carbonique quittent l'organisme.

L'anatomie comparée des Echinodermes fournit à cette manière de voir une nouvelle preuve, d'une grande valeur ; dans chacune des cinq familles on trouve des organes destinés à mettre en communication osmotique l'eau de mer et le liquide de la cavité générale : chez les Oursins, c'est le siphon intestinal (M. Perrier) et les branchies buccales ; chez les Ophiures, les sacs respiratoires (Ludwig, Apostolidès) ; chez les Astéries, les branchies lymphaques ; chez les Holothuries, les poumons ou organes arborescents ; chez les Crinoïdes, les entonnoirs vibratiles et le réseau

aquifère qui leur est annexé (Ludwig, Perrier) ; ce sont là différentes dispositions anatomiques ayant toutes le même but physiologique, à savoir d'établir des échanges continus et faciles entre les deux liquides que ces organes séparent. Par les expériences de M. Perrier (45), il est prouvé qu'il y a un courant d'eau par le siphon intestinal des Oursins ; par celles d'Apostolidès que j'ai répétées à Roscoff, que l'eau est constamment appelée à l'intérieur des sacs respiratoires, véritables branchies lymphatiques invaginées dans la cavité générale ; tous ceux qui ont observé les Holothuries au bord de la mer ont facilement constaté l'entrée de l'eau dans les organes arborescents ; enfin, d'après M. Perrier, Carl Vogt et Yung, l'eau entre par les entonnoirs vibratiles des Comatules et parcourt tout l'organisme en ressortant au niveau des syzygies.

Je sais bien que cet appareil aquifère des Comatules est homologue de l'appareil ambulacraire des Oursins, Astéries, Ophiures et Holothuries ; mais on a vu bien des fois des organes homologues avoir des fonctions différentes : cela dépend des dispositions anatomiques. Je considère comme certain qu'il n'y a pas introduction d'eau par la plaque madréporique, du moins d'une façon utile ; mais je ne veux pas anticiper sur un chapitre suivant.

Nutrition et assimilation. — Nous avons vu que le pigment respiratoire siège dans les corpuscules sanguins ; mais ces globules ont encore un autre rôle, peut-être plus important encore. Les produits de la digestion, peptones ou autres, passent naturellement dans le liquide de la cavité générale par simple osmose ; mais il est évident qu'ils ne restent point là. On sait que ce sont des substances très solubles, à faculté osmotique assez considérable ; elles passeraient donc à travers les branchies lymphatiques comme elles viennent de passer à travers les parois du tube digestif, aucune disposition particulière ne les arrêtant ; tout le travail digestif serait donc en pure perte. Cela étant inadmissible, quelle est donc la partie destinée à absorber les produits assimilables? Ce rôle ne peut être dévolu qu'aux corpuscules sanguins ; très nombreux, très ac-

tifs, ils absorbent tous les produits solubles qui sans cela s'échapperaient dans l'eau de mer; on le peut prouver facilement, en mettant une couleur d'aniline ou des granulations colorées dans le liquide de la cavité générale ; au bout de peu de temps, les corpuscules lymphatiques les ont entièrement absorbées, le liquide n'en conserve plus trace. Mais que deviennent ces produits nutritifs, que le globule a ainsi assimilés? Il doit en brûler une partie pour son propre compte, et restituer le reste lorsqu'il se dissout dans le sang, à la fin de son évolution ; il le restitue probablement sous une forme très résistante à l'osmose, se rapprochant de l'albumine. Je n'ai pu faire de recherches directes sur ce point délicat, qui exige une expérience consommée. Je n'ai pu non plus démontrer directement l'absorption des peptones par le corpuscule, ni leur transformation chimique, car il est impossible de nourrir les Astéries avec des proies spéciales, au moment où on le désire. Chez d'autres animaux, j'espère, dans un prochain travail, présenter une démonstration plus nette sur ce point de physiologie, dont l'importance n'échappera à personne.

Partout où se trouve une glande lymphatique, il y a par conséquent une nutrition assurée pour les parties avoisinantes, car il y aura production abondante d'albumine. Les organes qui exigent un développement rapide, comme les ovaires ou les testicules, sont en rapport immédiat avec un important réseau de glandes lymphatiques, comme nous le verrons dans l'étude de la circulation.

Ce que je tiens à bien préciser, c'est que le liquide sanguin proprement dit ne contient aucune substance (autre que les sels de l'eau de mer) dissoute à l'état constant ; que les particules nutritives sont localisées dans les corpuscules amœboïdes, et que la respiration et l'excrétion s'opèrent par simple osmose à travers les branchies lymphatiques.

Historique. — Je terminerai ce chapitre par un mot d'historique. Dans une note insérée aux Comptes-Rendus du 28 juin 1886, j'ai signalé les fonctions des corps de Tiedemann, des vésicules de

Poli et de la glande ovoïde, en décrivant la transformation des cellules en corpuscules sanguins ; M. Perrier a revendiqué pour lui la priorité de cette découverte quant à la glande ovoïde (note du 17 janvier 1887) ; je demande à présenter quelques explications à ce sujet. Nombre d'auteurs ont cherché depuis longtemps une relation entre les corpuscules pigmentés du liquide sanguin et la glande ovoïde ; Greeff, Teuscher ont signalé depuis longtemps des amas pigmentaires dans la glande ovoïde ; M. Hamann a émis une idée analogue, tout en se trompant sur la véritable fonction du pigment. M. H. Carpenter (5) a dit d'une façon très explicite qu'il était probable que la glande ovoïde fournissait les corpuscules pigmentés de la cavité générale. M. Perrier, après une étude sur l'Asterias Hyadesi, publiée le 24 mai 1886 (50), dit, sans autre explication, que la glande ovoïde produit les corpuscules de la cavité générale ; comme les animaux qu'il a étudiés étaient conservés dans l'alcool, ce n'est que par une simple vue de l'esprit qu'il a avancé le fait, car il est impossible de le constater autrement que sur le vivant ; je passe sous silence les nombreuses inexactitudes qui l'amènent à ce résultat.

Je reconnais volontiers que tous les auteurs précités ont approché plus ou moins de la vérité ; mais il n'en reste pas moins acquis que c'est moi qui ai vu et démontré le premier, par l'étude directe sur de nombreuses espèces vivantes, la transformation des cellules des glandes lymphatiques en corpuscules sanguins, ainsi que leur histologie exacte.

Quant au nom de corps plastidogène que propose M. Perrier [note du 17 janvier 1887] pour désigner la glande ovoïde, il est mauvais au point de vue spécifique, car les corps de Tiedemann et les vésicules de Poli sont aussi bien producteurs de plastides. Si c'est un nom générique, je ferais observer à M. Perrier que j'ai employé avant lui le nom de glandes lymphatiques, qui me paraît plus explicite [note du 3 janvier 1887]. J'ai conservé le nom de glande ovoïde, employé pour la première fois par M. Perrier en

1875, parce qu'il est commode, aussi bien que celui de canal du sable ; ces dénominations, ne signifiant rien, ont l'avantage de ne pas introduire d'idées fausses dans la science.

Appareil ambulacraire.

L'Astérie possède un certain nombre de cavités vasculiformes constituant deux systèmes que je considère comme parfaitement distincts et sans relation l'un avec l'autre : le premier est en rapport avec la locomotion de l'animal, c'est l'appareil *ambulacraire* ; le second est une dépendance de la cavité générale, mais s'en isole chez d'autres Echinodermes, c'est l'appareil *vasculaire* ou *sanguin*, comme on voudra l'appeler.

Le premier est connu dans ses grandes lignes depuis longtemps; Tiedemann et Jourdain ont les premiers élucidé son anatomie. Il se compose d'un cercle oral ou supérieur, donnant une branche radiale pour chacun des bras, et d'un tube calcaire, le canal du sable, qui débouche à l'extérieur par une plaque criblée de petits pores, le madréporite, située toujours dans un interradius; il y a un nombre variable de glandes lymphatiques annexées au cercle oral, ce sont les corps de Tiedemann et les vésicules de Poli. La branche radiale donne de petits vaisseaux latéraux qui se jettent au carrefour de l'ambulacre et de la vésicule ambulacraire. Ce sont là des faits connus que je résume rapidement.

Le deuxième système est formé d'un anneau oral, placé au-dessus du cercle ambulacraire et donnant aussi une branche radiale supérieure à chacun des bras; d'un anneau aboral, donnant dix branches qui vont entourer les organes génitaux. Ces deux anneaux sont réunis par un vaste sinus qui renferme à son intérieur le canal du sable et la glande ovoïde ; enfin le cercle oral débouche dans la cavité générale par cinq orifices interradiaires; chacune des branches radiales se comporte de même par autant d'orifices qu'il y a de vertèbres, moins une.

Dans toutes mes figures, j'ai représenté en rouge, à l'exemple d'Hoffmann, l'appareil sanguin, et en bleu l'appareil ambulacraire.

Histologie. — J'ai peu de chose à dire sur l'histologie générale des vaisseaux ambulacraires ; ils sont tapissés par un épithélium pavimenteux vibratile (pl. IV, fig. 7, *b*) ; une couche de tissu conjonctif un peu différencié les limite . La constitution des ambulacres est partout la même (Hoffmann, Ludwig, Hamann) : l'épithélium interne ambulacraire, une couche de muscles longitudinaux, une couche conjonctive assez épaisse, et enfin l'épithélium externe avec sa zone nerveuse, que nous avons étudié précédemment (pl. VIII, fig. 10). La vésicule ambulacraire a la même composition, à cela près que les muscles sont circulaires, et que la couche externe est remplacée par l'épithélium péritonéal.

Au point de rencontre du vaisseau ambulacraire transverse et du vaisseau radial (pl. IV, fig. 6 ; pl. VIII, fig. 10), se trouve une valvule découverte par Jourdain et très bien décrite par Lange ; le vaisseau radial présente une ouverture conique, dont les bords sont libres dans le vaisseau transverse plus large ; quand le liquide ambulacraire est comprimé, il rabat les bords libres sur l'orifice et empêche ainsi le contenu de l'ambulacre de refluer dans le vaisseau radial. Cela est de la plus haute importance pour la physiologie de l'appareil ambulacraire. Dans la pl. VIII, fig. 10, la coupe est exactement dirigée par le centre de l'orifice ; dans la pl. IV, fig. 6, la coupe passe un peu tangentiellement, de telle sorte qu'elle traverse le vaisseau transverse plus large, et ne rencontre pas l'orifice ; en comparant ces figures avec celle de Lange, qui représente une coupe horizontale (30, taf. XV, fig. 5), on comprendra bien la disposition de cette valvule.

Sur les coupes transversales, on voit que le vaisseau radial est entouré d'un feutrage très lâche de fibres conjonctives (pl. VI, fig. 1), qui se rompent facilement, de sorte qu'il paraît souvent surmonter une cavité assez spacieuse, qui est absolument artificielle. Sur des coupes longitudinales, il est légèrement ondulé (pl. VI,

fig. 5), concave quand il passe entre deux vertèbres, convexe lorsqu'il passe au-dessus des muscles vertébraux transverses (*x*).

Le sinus sanguin radial (*s*) est ondulé aussi, mais en sens inverse, de sorte que ces deux cavités sont parfois très rapprochées dans les espaces intervertébraux (pl. VIII, fig. 10). Chez les grandes espèces, l'*Astropecten aurantiacus*, par exemple, les contractions sont si fortes, qu'on arrive à rencontrer dans la même coupe transversale deux fois la lumière du vaisseau ambulacraire radial (Teuscher); c'est un simple accident de préparation, comme on s'en convainc très bien sur des coupes longitudinales.

Le cercle oral suit le contour des pièces de la bouche ; dans un interradius (pl. V, fig. 13), il donne naissance au canal du sable : il porte, généralement dans les interradius, des glandes lymphatiques, les unes formant des amas sphériques, irréguliers, assez fortement colorés : ce sont les corps de Tiedemann, constants chez toutes les espèces que j'ai étudiées ; les autres sont les vésicules de Poli, sortes de grosses vessies transparentes et longuement pédiculées, qui manquent dans un certain nombre de familles.

Les corps de Tiedemann sont formés par une série de tubes qui convergent tous vers leur point d'attache au cercle oral; ces tubes, généralement peu ramifiés, sont tapissés par un épithélium cubique qui repose directement sur la couche conjonctive sous-jacente (pl. IV, fig. 8); on trouve toujours, dans les coupes transversales des tubes, leur lumière obstruée par un paquet de cellules (*l*); ce sont des morceaux de l'épithélium cubique qui desquame avec grande facilité. Le protoplasma de ces cellules est fort granuleux, le noyau gros et nucléolé ; sur le vivant, on voit qu'elles sont chargées de pigment jaune, et qu'elles émettent de nombreux prolongements amœboïdes. Les corps de Tiedemann sont donc des glandes lymphatiques ; les corpuscules sanguins produits par la desquamation de l'épithélium cubique se répandent dans tout le système ambulacraire. Hoffmann, Ludwig et Hamann ont bien remarqué ces amas cellulaires qui remplissent les tubes des corps

de Tiedemann, mais ils pensaient que les cellules se multipliaient probablement en ce point; en tous cas ils n'ont point soupçonné qu'elles étaient produites par la desquamation de l'épithélium cubique. M. Hamann attribuait aux corps de Tiedemann un rôle d'excrétion.

Avec une apparence tout à fait dissemblable, les vésicules de Poli ont les mêmes fonctions que les corps de Tiedemann. Je prendrai mon exemple chez l'*Astropecten aurantiacus*, qui en présente de fort volumineuses (pl. VIII, fig 3, *p*). La vésicule est toujours creuse, et c'est sur la paroi interne que l'on trouve la partie active; dans sa cavité, on remarque de nombreux plasmodiums, visibles à l'œil nu, produits par la vésicule ; ces plasmodiums n'étant mus par aucune surface vibratile, tombent au fond de la vessie et ne peuvent guère passer dans l'anneau ambulacraire que par une contraction de l'organe. Malgré sa minceur, la paroi est formée de quatre couches (pl. VIII, fig. 9): un épithélium externe péritonéal, cilié (*e*); une couche conjonctive formée de fibres élastiques à gros noyau (*f*); dans cette zone et collées contre l'épithélium externe, on trouve de nombreuses fibres musculaires longitudinales (*m'*) dont on n'aperçoit que la coupe ; une couche de fibres musculaires circulaires, s'entrelaçant légèrement (*m*); enfin la partie sécrétante, formée d'un lacis fibreux, limitant des sortes d'alvéoles contiguës, traversées en tous sens par des fibres conjonctives. Ces alvéoles renferment des cellules éparses (*l*) qui se multiplient et se chargent de pigment jaune, pour finalement devenir amœboïdes dans l'intérieur même du lacis fibreux (pl. VI, fig. 7, *l*), d'où elles s'échappent pour tomber dans le liquide de la vésicule.

Toutes les vésicules de Poli ont à peu près la même constitution ; chez les petites espèces, la couche musculaire est bien moins développée et composée uniquement de fibres circulaires.

J'ai reconnu que les vésicules de Poli des Ophiures ont également le même rôle, mais ce sont des glandes plus compactes que celles des Astérides ; les vésicules de Poli des Holothuries sont

également un lieu de production de globules sanguins, en cumulant cette fonction avec celle de réservoir du liquide tentaculaire.

Canal du sable. —Dans un interradius naît le canal du sable ; c'est un tube membraneux à sa base, et qui, se chargeant de calcaire, devient bientôt rigide ; dans l'intérieur, on trouve des replis calcaires, dont la disposition est aussi variable que la forme extérieure du tube. A l'extrémité inférieure ou aborale, le canal du sable s'insère sur le madréporite ; les replis calcaires subsistent jusqu'à la plaque avec laquelle ils se continuent, de sorte que chez certaines espèces (*Astropecten*, *Luidia*, pl. VII, fig. 1) on ne peut pas décider où commence la plaque et où finit le canal. Le plus grand nombre des pores madréporiques débouchent dans le canal du sable, les autres dans la cavité périphérique appartenant au système sanguin (pl. VI, fig. 10). Chez les grandes espèces dont la plaque a une taille considérable, le canal du sable présente une particularité d'organisation (pl. VI, fig. 1; pl. VII, fig. 1). Du côté interne il émet une longue poche *(d)*, aplatie et membraneuse, qui collecte tous les tubes madréporiques qui ne pourraient sans cette disposition déboucher dans le canal du sable. En dessous de cette cavité ampullaire, se trouve une autre cavité bien plus volumineuse *(h')*, qui renferme la terminaison de la glande ovoïde et qui appartient au système sanguin. La poche madréporique existe chez les *Asterias glacialis* et *rubens*, ainsi que chez l'*Astropecten aurantiacus ;* il n'y a rien de semblable chez les autres espèces, où le canal du sable a à peu près le même diamètre que la plaque.

Greeff et Ludwig ont décrit assez inexactement cette disposition ; ils figurent tantôt trois poches, tantôt deux ; il n'y a en réalité qu'une seule cavité.

A côté des madréporites très simples, à peu de pores des *Asterinidæ* et des *Echinasteridæ*, ceux des autres familles sont très compliqués, mais l'organisation est toujours la même. M. Perrier commet une erreur (50) en disant que la plaque résulte du plissement des parois d'un pore primitivement unique : on sait, d'après

les belles études de Lóven, qu'à côté du premier pore, il s'en creuse un second, puis un troisième, et ainsi de suite ; peu à peu ces perforations s'anastomosent de façon à constituer l'ensemble si complexe que l'on voit chez l'adulte. Quant à l'histologie de l'appareil, elle est fort simple ; le canal du sable est formé de trois couches, une externe péritonéale, une moyenne de tissu réticulé calcaire, une interne, composée d'un épithélium à hautes cellules vibratiles ; dans les canaux du madréporite, l'épithélium externe du corps entre dans les pores jusqu'à une certaine profondeur ; toute la partie comprise entre celui-ci et l'épithélium vibratile du canal est formée de cellules cubiques à petits cils (Ludwig, Hamann). A la surface du canal du sable s'attachent des membranes qui le relient aux parois du sinus sanguin qui l'entoure; mais, quoi qu'en disent MM. Perrier (50), Carl Vogt et Yung, il n'y a jamais de perforations mettant en communication le canal du sable et les parties environnantes, pas plus à la base qu'au sommet.

Nous allons examiner les diverses modifications de l'appareil ambulacraire dans les familles que j'ai pu étudier ; on peut faire des rapprochements utiles entre des genres que l'on croyait fort éloignés. Il serait plus logique de commencer l'étude par les Astéries à deux rangées d'ambulacres ; mais nous verrons que la phylogénie est loin d'être d'accord avec l'ontogénie, et que les rapports de ces deux évolutions sont brouillés plus d'une fois.

Asteriadæ (*Asterias rubens et glacialis*). — On sait que les *Asteriadæ*, à quatre rangées d'ambulacres, n'en ont que deux dans le jeune âge ; il s'opère une compression et un arrangement des ambulacres, qui sont loin d'être disposés régulièrement, comme on peut s'en convaincre en regardant la fig. 1, pl. IV ; deux bras contigus sont généralement symétriques par rapport à un plan vertical passant par l'interradius qu'ils comprennent (pl. IV, fig. 2) ; mais il n'en est pas toujours ainsi.

Les ambulacres présentent, quand on les examine avec grand

soin, deux lignes blanches très nettes, placées à l'opposé l'une de l'autre, qui courent depuis la base jusqu'à la ventouse (pl. IV, fig. 4); ce sont des vaisseaux sanguins, que l'on peut injecter ; ils sont surtout apparents sur les ambulacres les plus rapprochés de la bouche. L'anneau ambulacraire porte dans chaque interradius deux petits corps de Tiedemann (pl. IV, fig. 1, *t*) ; l'interradius du canal du sable n'en porte le plus souvent qu'un seul, placé à droite, lorsqu'on examine la face interne de la bouche, comme dans la figure 1.

Le canal du sable est connu depuis longtemps (von Siebold, Jourdain) ; il contient à son intérieur un repli en forme de T dont les branches seraient enroulées une fois et demie sur elles-mêmes (pl. V, fig. 2, *c*). Chez le jeune, la lame verticale est simplement bifurquée à son extrémité (pl. IV, fig. 14) ; c'est une forme que nous retrouverons assez souvent dans diverses familles. Dans une coupe, j'ai trouvé un canal du sable (pl. IV, fig. 13), dont la lame verticale s'attachait à la paroi opposée ; c'est une forme que nous retrouverons chez le *Gymnasteria carinifera*. Enfin un épithélium très haut et très vibratile revêt toutes les parties concaves des replis calcaires et du canal (pl. IV, fig. 15), tandis qu'un épithélium moins haut revêt toutes les parties convexes ; aucun auteur n'a signalé cette différence entre les deux revêtements épithéliaux.

Echinasteridæ (*Cribella oculata*, *Echinaster sepositus*). — Astéries à deux rangées d'ambulacres. Je n'ai pu voir qu'un seul vaisseau placé au côté externe de l'ambulacre (pl. V, fig. 7), mais ces vaisseaux sont si difficiles à voir sur le vivant et si difficiles à injecter, que le second m'a peut-être échappé ; vésicules ambulacraires légèrement bilobées (pl. V, fig. 8) ; anneau ambulacraire, à peu près pentagonal, avec neuf corps de Tiedemann disposés comme chez les *Asteriadæ*. Le canal du sable renferme chez l'*Echinaster sepositus* une simple lame verticale légèrement renflée à l'extrémité (pl. V, fig. 6), n'atteignant pas le quart de la cavité; c'est un canal du sable bien rudimentaire ; Ludwig a décrit chez l'*Echinaster fallax* une disposition à peu près semblable. Chez la *Cribella*

oculata, la lame verticale est un peu moins simple ; elle a la forme d'un T à branches courtes. La plaque madréporique, dans cette famille, est également très peu compliquée et n'a qu'un petit nombre de pores.

Linckiadæ (*Ophidiaster chinensis*). — Mêmes caractères de l'anneau ambulacraire (pl. VI, fig. 2). Canal du sable cylindrique, présentant, à ce qu'il m'a semblé, une disposition analogue à celle des *Asteriadæ*. Je rappellerai que M. Viguier a trouvé chez l'*Ophidiaster pyramidatus* un canal du sable globuleux, rempli d'un feutrage de feuillets calcaires. Dans cette famille, on trouve une couronne spiculaire dans les ambulacres, comme chez les Oursins (M. Viguier).

Asterinidæ (*Asterina gibbosa et Wega*, *Palmipes membranaceus*, *Solaster papposus*). — A mesure que l'on descend dans la série, c'est-à-dire que l'on s'éloigne le plus du type des *Asteriadæ*, on remarque une complication réelle de l'appareil ambulacraire.

L'anneau ambulacraire suit les contours des pièces buccales (pl. V, fig. 13, 14). Dans chaque interradius il porte deux petits corps de Tiedemann (*t*) et au-dessous d'eux une vésicule de Poli (*p*) assez longuement pédiculée, qui flotte dans le liquide de la cavité générale. A l'interradius du canal du sable, il n'existe plus que le corps de Tiedemann droit, mais il ne faut pas croire que cela ait une signification morphologique, c'est un fait tout mécanique : le canal du sable, s'appuyant sur la paroi, empêche la glande lymphatique de se développer. Romanes et Ewart, dans leur étude sur le *Solaster papposus*, appellent les corps de Tiedemann : « The first serie of ampulla » ; il est inutile de dire que ces glandes n'ont aucun rapport avec les vésicules ambulacraires (ampulla).

Je n'ai vu qu'un seul vaisseau sur le côté externe de l'ambulacre ; même observation que pour les *Echinasteridæ*. Chacun des ambulacres, au lieu de la vésicule unique qui lui est annexée, en présente deux, situées au-dessus l'une de l'autre (pl. V, fig. 15) ; ce n'est pas une division apparente, elle est parfaitement réelle ;

les deux vésicules ne communiquent tout à fait qu'à leur base (pl. VI, fig. 14); on peut en crever une sans que l'autre se dégonfle, et lorsqu'elles sont remplies de liquide, leur dualité est encore plus nette. Le premier ambulacre seul a une vésicule unique, probablement pour une raison mécanique ; le pilier interradial occupant beaucoup de place, il n'y a pas l'espace nécessaire pour deux vésicules. Le *Palmipes* présente des vésicules ambulacraires doubles jusqu'à l'extrémité des bras ; la cavité générale se prolonge jnsqu'aux angles du pentagone dessiné par ce singulier animal (pl. VI, fig. 14) ; malgré son apparence aberrante, c'est une Astérie très normale, qui présente exagérés les caractères des bras d'*Asterina gibbosa*.

Le canal du sable est fort simple dans cette famille : un simple repli en forme de T, plus ou moins développé, suivant l'âge de l'individu (pl. VI, fig. 3, *c* et 4) ; la plaque madréporique a un petit nombre de pores.

Culcitidæ (*Pentaceros turritus*, *Gymnasteria carinifera*, *Culcita coriacea*). — Les caractères de cette famille rappellent beaucoup ceux de la précédente, même disposition de l'anneau ambulacraire (pl. VI, fig. 15), deux vésicules ambulacraires pour chaque ambulacre, sauf au premier ; les glandes lymphatiques de l'anneau sont les mêmes, les vésicules de Poli sont fort longuement pédiculées. Chez ces trois espèces il y a des spicules calcaires dans l'ambulacre, formant, comme chez l'Oursin, une couronne à la face inférieure de la ventouse (pl. III, fig 23); M. Viguier les a signalés le premier. Le *Gymnasteria* m'a paru présenter des ambulacres assez bizarres ; la ventouse a une apparence chicoracée ; cela est-il dû entièrement aux contractions causées par l'alcool ? j'en doute. J'ai représenté, fig. 23, la ventouse de cette espèce en tenant compte des contractions artificielles ; on voit bien la couronne calcaire et les nombreux spicules épars dans le corps de l'ambulacre ; ces spicules ont le plus souvent la forme de deux plaques aréolées réunies par un manche plein (pl. III, fig. 24).

Le canal du sable présente des différences assez considérables ; chez la Culcite il est rempli d'un grand nombre de replis entremêlés irrégulièrement (pl. VI, fig. 16, *c*) ; chez le Pentaceros et le Gymnasteria, la lame verticale qui le divise en deux porte deux replis s'enroulant jusqu'à deux fois sur eux-mêmes (pl. VI, fig. 19); cela rappelle les *Asteriadæ*.

Astropectinidæ (*Astropecten*, *Luidia ciliaris*). — Il n'y a, pour ainsi dire, pas de caractères absolument communs ; c'est une famille fort curieuse par les phases diverses de développement qu'elle offre, fixées sur différentes espèces.

Chez la *Luidia ciliaris* (pl. V, fig. 19), dans chaque interradius, deux gros corps de Tiedemann, de couleur brune et si écartés, qu'ils paraissent plutôt appartenir au radius ; une vésicule de Poli leur est adjointe. Dans l'interradius du canal du sable, on ne trouve que les deux corps de Tiedemann.

Chez les *Astropecten hystrix*, *spinulosus*, *squamatus* et *platyacanthus* (pl. VIII, fig. 1), on trouve de même deux corps de Tiedemann et une vésicule de Poli par interradius ; au niveau du canal du sable, on trouve non seulement les deux corps de Tiedemann, mais deux vésicules de Poli, une de chaque côté du tube calcaire ; on voit que c'est une tendance tout à fait inverse à celle que nous avons constatée jusqu'ici.

Chez l'*Astropecten aurantiacus* (pl. VIII, fig. 3), il y a un nombre variable de vésicules de Poli, deux, trois et quatre par interdius, dans tous sans exception; le nombre le plus fréquent et caractéristique est trois; on voit parfois deux vésicules sur un même pédicule, ou une seule présentant deux tubes excréteurs. Je renvoie à la monographie de MM. Carl Vogt et Yung pour plus de détails sur leur disposition.

Les ambulacres présentent quelques variations : chez l'*Astropecten aurantiacus* et la *Luidia ciliaris*, j'ai pu voir et injecter les deux vaisseaux sanguins qu'ils présentent (pl. V, fig. 18), comme chez les *Asteriadæ* ; l'observation est rendue plus facile par la grande

taille des animaux. Chez la *Luidia ciliaris* (pl. VI, fig. 25), les ambulacres présentent une extrémité arrondie, sans ventouse ; pourtant ils ont la faculté de se fixer, faiblement il est vrai ; on voit parfois, dans les bacs de Banyuls, la Luidia monter sur la surface verticale du verre ; cet animal se sert surtout de ses appendices pour courir avec une certaine rapidité. La vésicule ambulacraire est fortement bilobée, c'est un passage à la forme des *Astropecten*. Chez ceux-ci, l'ambulacre a une extrémité conique, creuse, incapable de se fixer (pl. V, fig. 18) ; il y a toujours deux vésicules ambulacraires nettement séparées, même au premier ambulacre.

Le canal du sable présente dans cette famille des particularités intéressantes : chez les *Astropecten platyacanthus*, *spinulosus* et *squamatus*, il est divisé en deux parties égales par un septum vertical complet, portant deux replis opposés en forme d'ancre (pl. VIII, fig. 4) ; on pourrait comparer cette forme à deux canaux du sable de l'Asterias superposés par leur face sillonnée ; si on étudie le développement, on voit que chez de jeunes *Astr. squamatus*, dont $R = 12^{mm}$, c'est un tube contenant simplement un repli en forme de T (pl. VIII, fig. 5), c'est la phase fixée chez les *Asteriadæ* et les *Asterinidæ* ; peu après, le repli atteint la face opposée où il se soude, le reste du développement est facile à comprendre. Chez les jeunes *Astropecten aurantiacus*, d'après MM. Carl Vogt et Yung, on retrouve la forme fixée chez les adultes des trois espèces précédentes, c'est-à-dire deux canaux séparés avec chacun une ancre ; peu à peu cette disposition se complique par l'adjonction d'autres trabécules calcaires, disposés irrégulièrement ; à mesure que l'animal avance en âge, la disposition primitive est masquée de plus en plus ; la coupe représentée par MM. Carl Vogt et Yung (69) rend parfaitement l'aspect chez un adulte. Enfin chez l'*Astropecten hystrix*, le canal du sable (pl. VIII, fig. 6) est rempli de lames moins nombreuses, mais plus irrégulières encore que dans l'espèce précédente. Chez la *Luidia ciliaris*, le canal du sable commence par un tube mince, membraneux (pl. VI, fig. 21 et 23), avec quelques

plaques calcaires dans l'épaisseur des parois, puis le tube s'évase tout à coup, devient globuleux et se remplit de calcaire disposé sans aucune loi ; le canal du sable se rétrécit un peu en arrivant au madréporite ; quand on y pratique des coupes transversales (pl. VI, fig. 22), on voit que les cavités sont tantôt tapissées par un haut épithélium vibratile, tantôt par une simple couche pavimenteuse, sans qu'on puisse remarquer aucune régularité dans leur distribution.

On voit que ce n'est pas sans raison que j'ai dit précédemment que la phylogénie n'était pas d'accord avec l'ontogénie ; les *Astropecten* qui occupent dans l'échelle une place bien inférieure à celle des *Asteriadæ* présentent dans leur jeune âge la phase qui caractérise le canal du sable de cette dernière famille, puis la dépassent ; la *Luidia*, inférieure aux *Astropecten* par les caractères du tube digestif et des vésicules ambulacraires, offre le canal le plus compliqué du groupe.

La vésicule ambulacraire commence par être unique, puis par se bilober si profondément, qu'elle devient réellement double ; c'est chez les *Asteriadæ*, animaux perfectionnés, que l'on observe la forme simple, et chez les *Astropecten*, animaux plus inférieurs, que l'on trouve la forme compliquée. Je ne fais que signaler ces faits en passant, sans prétendre en tirer des conclusions prématurées.

Physiologie. — Les idées qui ont cours actuellement dans la science au sujet de l'appareil ambulacraire me paraissent singulièrement exagérées. MM. Jourdain, Perrier, etc., paraissent penser que l'eau de mer s'introduit dans l'organisme par la plaque madréporique et qu'elle parcourt ainsi toute l'Astérie ; il n'en est rien. Je sais qu'il y a de forts cils vibratiles dans le canal du sable ; mais ces cils battent le liquide ambiant en tous sens et ne déterminent aucun courant ; j'ai souvent observé le canal du sable détaché, sous le microscope, et je n'ai jamais vu les particules colorées mises en contact avec lui entrer par une extrémité et sortir par

l'autre. D'autre part, si l'eau de mer entrait dans l'appareil ambulacraire, par où sortirait-elle ? L'appareil ambulacraire se comporte comme un flacon à col mince plein d'eau de mer, qui serait bouché avec une matière poreuse, le tout plongé dans l'eau de mer : il est évident que les échanges entre les deux liquides seraient à peu près nuls.

L'observation des animaux vivants nous montre que le madréporite n'est le siège d'aucun courant d'eau, ni pour l'entrée (Jourdain, Perrier, etc.), ni pour la sortie (Williams, Hamann). En effet quand on met une Astérie dans un bac rempli de poussières flottantes, on verrait s'accumuler celles-ci sur le madréporite, si l'eau était attirée par les cils ; cela n'est pas, la plaque n'est jamais recouverte de corps étrangers ; d'autre part, le canal du sable des *Luidia*, des *Astropecten*, etc., est vraiment tout à fait obstrué par les replis calcaires qu'il contient (pl. VII, fig. 1) ; il est impossible qu'un courant d'eau s'établisse dans ces conditions. Enfin si l'on met une Astérie dans un bac rempli d'eau colorée, on voit qu'il n'en pénètre pas du tout par le canal du sable.

Je ne prétends pas nier que l'eau de mer entre par le canal du sable, surtout chez les petites espèces ; mais le mouvement de cette eau, qui ne peut dépasser le canal, est vraiment négligeable ; le volume de liquide contenu dans l'appareil ambulacraire est toujours le même, grâce à la disposition valvulaire découverte par Jourdain et Lange ; de plus, il renferme de nombreux globules sanguins, ce qui prouve qu'il n'y a pas de courant d'eau avec l'extérieur. Enfin, chez les Holothuries adultes, il n'y a pas de madréporite, le canal du sable s'ouvre dans la cavité générale.

Quel est donc le rôle du canal du sable ? Je pense qu'il n'en a pas chez l'adulte ; si on enlève la paroi inférieure d'une Astérie et qu'on obture le canal du sable en le liant, l'animal se meut et se déplace comme auparavant, cela ne paraît lui apporter aucune perturbation. Le canal du sable et le madréporite sont un souvenir des pavillons vibratiles de la Comatule, et n'ont qu'une utilité tout à fait secondaire.

Tous les auteurs s'accordent pour donner aux vésicules de Poli un rôle assez analogue à celui des vésicules ambulacraires ; ces organes se contracteraient rhythmiquement pour faire progresser le liquide dans les vaisseaux circulaires et radiaux : ce n'est aucunement exact. Il est vrai que chez l'*Astropecten aurantiacus* elles ont une assez forte tunique musculaire, mais leurs contractions (que je n'ai jamais observées) ont simplement pour but de faire passer les globules sanguins qu'elles produisent dans l'appareil ambulacraire ; leur forme, leur anatomie, leurs fonctions spéciales, tout parle contre l'idée précédemment émise ; enfin elles manquent dans un certain nombre de familles. Si on excite avec une aiguille la surface d'une vésicule de Poli (*Astropecten aurantiacus*), on force celle-ci à se contracter, tout le liquide qu'elle contient va dans l'anneau oral, qui se gonfle démesurément et reste dans cet état pendant fort longtemps ; cela prouve deux choses : 1° que tout le système ambulacraire se comporte comme un appareil rempli de liquide auquel on ne peut rien ajouter ; 2° que même si le liquide interne est soumis à une certaine pression, il n'en peut rien sortir par le canal du sable, dont les replis calcaires obstruent complètement la cavité. Romanes et Ewart avaient également remarqué chez le *Solaster papposus* qu'il faut une très forte pression, prolongée pendant quelque temps, pour qu'un liquide injecté par un vaisseau radial arrive à la plaque madréporique.

Appareil vasculaire sanguin.

Je vais prendre comme exemple une Astérie à deux rangées d'ambulacres, l'*Asterina gibbosa* ou un *Astropecten* quelconque. J'ai dit précédemment que cet appareil se composait de deux parties, l'une orale, l'autre aborale, réunies par un vaste sinus interradial. Occupons-nous d'abord de la partie inférieure ou orale.

Lorsqu'on examine une Astérie dans la position morphologique

que nous lui avons assignée, on voit (pl. V, fig. 17) que le milieu de la rainure ambulacraire est occupé par un large ruban qui paraît donner une branche transversale à chaque espace inter-ambulacraire (*s*) : c'est le vaisseau orangé de Tiedemann, le ruban épithélio-nerveux que nous avons étudié précédemment. Sous ce ruban se trouve une cavité. Si on introduit une canule de petite dimension, ou mieux une canule de Pravaz, et qu'on pousse l'injection avec précaution, on voit se remplir tout ce sinus radial, puis l'injection passe dans un anneau oral, d'où elle remplit les sinus radiaux des autres bras. Le sinus radial présente, quand on l'examine avec soin sur la ligne médiane, une ligne blanchâtre que l'injection n'a pas pénétrée, c'est la trace d'un septum conjonctif qui partage en deux sa cavité ; devant chaque ambulacre on trouve une branche perpendiculaire à la direction du tronc radial ; tous ces sinus transverses se jettent dans un sinus marginal (*u*), qui borde la rainure ambulacraire ; ce dernier, après avoir dépassé un peu le niveau du premier ambulacre et reçu la branche transverse qui passe au-dessus de celui-ci, se perd dans le tissu conjonctif.

Au niveau de chaque ambulacre (pl. V, fig. 18), un mince vaisseau se détache du sinus radial ; un autre, placé à l'opposite de celui-ci, se détache du sinus marginal (pl. V, fig. 7) ; ils courent sur l'ambulacre jusqu'à la ventouse où ils se terminent en cœcum ; on constate par les coupes qu'ils se trouvent dans la zone conjonctive de l'ambulacre ; chez les grandes espèces, *Luidia*, *Astropecten*, *Asterias*, j'en ai vu deux tels que je viens de les décrire ; mais chez les *Asterinidæ* et *Echinasteridæ*, je n'ai pu injecter que celui qui se détache du sinus marginal.

L'anneau oral forme un grand sinus circulaire logé sous le ruban nerveux ; on voit également à sa surface (pl. V, fig. 17, *r*) une ligne blanchâtre, marquant un septum qui partage sa cavité en deux parties superposées ; ce septum se continue avec celui du sinus radial (pl. VI, fig. 5, *sb*). L'anneau oral envoie quelques

courts diverticules dans la couche conjonctive de l'œsophage (pl. V, fig. 17), mais ce n'est pas constant. A chaque interradius (pl. VIII, fig. 2) il donne une branche qui descend presque verticalement, passe entre le muscle abducteur des pièces buccales (*y*) et le tissu conjonctif qui l'entoure d'une part, et le soutien interradial ou odontophore d'autre part ; cette branche *s'ouvre alors largement dans la cavité générale*, comme on peut le voir dans la pl. VIII, fig. 2, qui représente une coupe verticale passant par l'orifice interradial.

Nous avons vu la distribution des sinus sanguins dans le bras ; au niveau de chaque ambulacre, il existe un orifice limité par les pièces ambulacraires et adambulacraires qui bordent la rainure brachiale : dans chaque orifice (pl. V, fig. 18, *o'*), le sinus marginal envoie une branche qui traverse ainsi l'axe vertébral vers sa base et s'ouvre ensuite dans la cavité générale du bras. MM. Perrier et Poirier ont signalé ces ouvertures vertébrales chez les *Asterias rubens* et *glacialis* (52). Dans les figures qui s'y rapportent (pl. IV, fig. 5; pl. V, fig. 8, 15, 18, 19), on voit en *o'* à la base des vertèbres, au-dessus des vésicules ambulacraires, un filet coloré ressemblant à un vaisseau : c'est ce que l'on voit sur les injections ; la matière colorante s'échappe de l'orifice et file sur le tissu environnant, en donnant l'apparence représentée sur mes figures, mais en réalité l'orifice de communication est situé un peu plus profondément. On voit donc qu'à chaque ambulacre correspond un orifice vertébral, sauf au premier cependant ; comme il passe à travers une pièce pleine (formée par la soudure de deux vertèbres), il n'y a pas d'orifice préformé, et le sinus marginal n'envoie pas de branche correspondant au premier ambulacre. On pourrait croire que l'orifice interradial correspond morphologiquement à la soudure des deux orifices vertébraux appartenant aux premiers ambulacres de deux bras contigus : il n'en est rien : tandis que la branche interradiale se détache du cercle buccal, l'autre branche se détache du sinus marginal ; de plus, elles n'ont aucunement les mêmes rapports

avec les pièces calcaires. Je n'insiste pas plus longtemps sur ce point.

Les coupes nous permettent de vérifier et de compléter cet exposé; elles ne sont pas toujours très faciles à pratiquer, surtout chez les espèces de grande taille, où elles ont conduit à bien des erreurs; il vaut mieux s'adresser à l'*Asterina gibbosa* ou à une petite espèce d'*Astropecten*.

Sur une coupe transversale du bras, tangentielle à un ambulacre (pl. VI, fig. 8), on voit en haut le ruban nerveux (*n*) qui se continue sur l'ambulacre; en dessous de lui est creusé le sinus radial (*s*), séparé du ruban nerveux par une mince couche conjonctive et par un épithélium pavimenteux vibratile, qui est la continuation directe de celui de la cavité générale; en dessous encore, la coupe du muscle vertébral transverse (*x*), et enfin la lumière du vaisseau ambulacraire radial (*b*); sur les côtés, on voit la coupe ovalaire du sinus marginal (*u*), au delà de l'ambulacre. La lumière du sinus radial est toujours traversée par un septum, de forme très diverse suivant les espèces; chez l'*Asterina gibbosa*, le *Palmipes*, il est très mince et porte des noyaux épars à sa surface (pl. VI, fig. 8); chez les *Asteriadæ*, les *Astropectinidæ*, c'est une lame assez épaisse, qui est perforée au niveau de chaque intervalle vertébral par un large trou, dont les bords sont reliés aux parois du sinus par un septum oblique (pl. VIII, fig. 10, *l*), de sorte que sur la coupe le sinus radial paraît être formé par la superposition de trois cavités.

Quelle que soit sa forme, ce septum se continue dans tout le sinus radial et va s'insérer sur un autre septum qui parcourt tout l'anneau oral (pl. VI, fig. 5, *sb*); celui-ci est plus épais, placé obliquement de façon à partager en deux parties inégales ce sinus circulaire; la plus grande est externe, c'est elle qui va s'ouvrir dans la cavité générale par l'orifice interradiaire précédemment décrit (pl. VIII, fig. 2); la petite est la plus interne, c'est elle qui donne naissance au sinus interradial (pl. IV, fig. 16, *r'*).

Dans l'un des interradius, on trouve un vaste sinus, qui descend

vers la face inférieure ; on lui a donné divers noms, ceux de schlauchformige kanal, de canal axial périhœmal (Ludwig), canal sacciforme, sac hydrophorique (Perrier) ; je l'appellerai *sinus axial* ou *sinus glandulaire*, parce qu'il contient à son intérieur, non seulement le canal du sable, mais encore la glande ovoïde ; quand on en fait des coupes, on voit qu'il est formé d'une couche conjonctive avec quelques fibres musculaires, recouverte des deux côtés par un épithélium pavimenteux, vibratile.

Comment naît la glande ovoïde ? Elle s'implante sur le septum circulaire de l'anneau buccal (pl. IV, fig. 16), de diverses façons, par un pédicule simple ou double ; parfois même ce pédicule traverse le septum pour aller se continuer avec le tissu conjonctif sous-jacent au ruban nerveux (*Pentaceros turritus*) ; quoi qu'il en soit, elle est en continuité avec le septum ; Ludwig l'avait bien vu, mais avait interprété les choses d'une façon bien différente, comme on le verra dans l'historique. Si l'on place le canal du sable en avant, la glande ovoïde se place toujours à sa gauche ; elle garde constamment cette position. Au point de vue histologique, elle est formée d'un lacis conjonctif et de cellules lymphatiques (pl. VII, fig. 16) ; le lacis de fibrilles conjonctives forme un réseau très compliqué, limitant des aréoles ; un grand nombre de cellules, que nous avons déjà décrites à propos du liquide sanguin, disposées assez irrégulièrement, couvrent ces tractus conjonctifs ; à la périphérie, il y a des espèces d'alvéoles contiguës l'une à l'autre (pl. VIII, fig. 8), où les cellules mûres finissent par arriver : aussi, lorsqu'on regarde sur le vivant cette partie de la glande ovoïde, la voit-on remplie de cellules pigmentées, très amœboïdes (pl. VII, fig. 17, *l*) ; celles-ci soulèvent la paroi conjonctive sur des points qui y sont prédisposés et s'échappent au dehors. Un épithélium formé de cellules pavimenteuses revêt en partie la glande ovoïde ; mais il manque dans tous les endroits de sortie. J'ai étudié précédemment l'évolution des cellules, je n'y reviendrai pas ; elles sont identiques au point de vue histologique avec les cellules embryonnaires du tissu conjonctif.

La couleur de la glande ovoïde est le plus souvent brune ; la teinte va du brun clair au brun presque noir (*Astropecten spinulosus*) ou violacé (*Cribella*, *Echinaster*).

En arrivant à la face inférieure, le sinus axial se rétrécit notablement ; du côté interne (pl. V, fig. 1), il se prolonge en une ampoule très volumineuse, cachée dans l'intérieur du test, située au dessus de la dilatation ampullaire du canal du sable (*d*) ; du côté interne, il s'insère au pourtour du madréporite, le canal du sable en occupant le centre. L'ampoule interne (voir pl. V, fig. 1 et 3 ; pl. VI, fig. 10 ; pl. VII, fig. 1) est séparée du sinus axial par un septum membraneux ; sa cavité ne communique donc pas librement avec celle de ce dernier.

Examinons maintenant le trajet de la glande ovoïde : avant d'arriver près du madréporite, elle envoie un prolongement (*l*), qui perfore la paroi du sinus et s'étale librement dans la cavité générale ; c'est la *glande lymphatique de la cavité générale*, qui prend les formes les plus diverses suivant les espèces. La glande ovoïde continue à descendre vers le madréporite, perfore le septum qui sépare l'ampoule du sinus axial, et, traversant toute la longueur de ce diverticule (*g'*), va s'attacher à la paroi opposée. Sur une coupe verticale, cette terminaison représente un fuseau très allongé, suspendu à peu près au milieu de l'ampoule, mais en réalité elle forme une lame horizontale traversant toute la cavité.

Dans toutes les espèces que j'ai étudiées, j'ai trouvé la même disposition ; cette terminaison de la glande ovoïde est peu active, peu colorée ; pourtant elle renferme des cellules amœboïdes ; l'ampoule étant fermée de toutes parts, je ne vois pas à quoi peut servir la glande lymphatique : l'embryogénie nous l'apprendra probablement.

Je rappellerai que la plupart des auteurs ont considéré la glande lymphatique de la cavité générale comme un appareil vasculaire destiné au tube digestif ; M. Hamann en a même figuré les ramifications sur le sac stomacal : c'est une idée complètement fausse:

les injections n'y pénètrent jamais, et tous les procédés d'étude montrent que c'est simplement une dépendance de la glande ovoïde, destinée à fournir les corpuscules sanguins de la cavité générale.

Il nous reste une question difficile à élucider : les communications de système sanguin avec l'extérieur, tantôt affirmées, tontôt niées. Il faut s'adresser à des espèces de petite taille, l'*Asterina gibbosa*, par exemple, qui présente le moins de complication dans le madréporite (pl. VI, fig. 10) : les coupes verticales de l'ensemble montrent, avec une netteté indiscutable, que des canaux parcourant toute la plaque viennent déboucher dans la partie externe du sinus glandulaire ; j'ai vu très nettement l'épithélium péritonéal qui recouvre tout le sinus sanguin se continuer avec les cellules cubiques des canaux madréporiques, et celles-ci augmenter peu à peu de taille jusqu'à l'épithélium externe. Tous les canaux de la plaque sont en communication les uns avec les autres ; on ne peut, sur un dessin, représenter les anastomoses, alors qu'on les voit fort bien sur la coupe, en faisant varier la vis micrométrique. C'est ce qui explique le fait suivant : quand avec toutes les précautions possibles on injecte un liquide par le sinus axial, l'injection passe dans le madréporite, puis revient par le canal du sable ; j'ai constaté cela un grand nombre de fois et chez toutes les espèces sans exception.

J'ai constaté par les coupes que des canaux madréporiques débouchent directement dans le sinus axial chez l'*Echinaster sepositus*, divers *Astropecten*, la *Luidia ciliaris*, l'*Asterias glacialis* et l'*Asterina gibbosa* ; chez les grandes espèces, *Asterias glacialis* et *Astropecten aurantiacus*, on peut, par l'injection et la dissection, trouver les orifices sans faire de coupes. On voit que le fait est parfaitement constant dans toutes les familles.

Tout ce que je viens de décrire ne s'applique qu'au côté externe du sinus sanguin, c'est-à-dire compris entre le canal du sable et le pilier interradial. Des canaux débouchent-ils dans l'ampoule contenant le prolongement glandulaire *g'* ? Je crois l'avoir constaté chez

l'*Asterina gibbosa* et l'*Echinaster sepositus;* chez les autres espèces on n'y trouve aucun pore ; les liquides injectés par le sinus n'y pénètrent pas.

La question de savoir si le système sanguin débouche à l'extérieur comme le système ambulacraire est fort controversée ; Greeff, Hoffmann et Teuscher, se basant sur des injections et ce dernier auteur sur une coupe, admettent l'affirmative; mais la figure que donne Teuscher est si peu exacte qu'elle retire toute valeur à son assertion ; Romanes et Ewart, Perrier et Poirier, sont également de cet avis, d'après des injections ; Ludwig, reprenant les vues de Sharpey, Tiedemann, L. Agassiz et Müller, nie toute communication entre le système sanguin et l'extérieur. M. Perrier (50) a émis récemment une autre manière de voir ; d'après cet auteur, « aucun des canalicules ne conduirait ailleurs que dans le tube hydrophore ; ces canalicules ne sont en effet que le résultat du plissement des parois de l'entonnoir vibratile, primitivement unique, par lequel le tube hydrophore s'ouvre à l'extérieur, mais le tube hydrophore communique au point où il s'unit au sommet de l'entonnoir vibratile, avec une cavité qui, je m'en suis minutieusement assuré, est bien la cavité même du canal sacciforme. » Les canalicules ne sont nullement le résultat du plissement de l'entonnoir vibratile primitif, je l'ai montré plus haut ; en outre, cette communication entre le canal du sable et le sinus ne signifie pas grand'chose, car chez les grosses espèces il est impossible de déterminer où finit le canal et où commence le madréporite (pl. VII, fig. 1) ; M. Perrier manque donc de précision ; chez les petites espèces (pl. VI, fig. 10) et même chez la *Luidia ciliaris*, les *Astérias*, on voit parfaitement que le canal du sable n'est nullement perforé, et que ce sont directement des canaux madréporiques qui débouchent dans le sinus sanguin ; enfin dans les figures de Lovén qui représentent le développement du madréporite chez l'*Ast. glacialis*, on voit des pores qui se percent en dehors du canal du sable et sont par conséquent destinés

au sinus sanguin. Maintenant il faut faire quelques restrictions : à mesure que l'animal avance en âge, les pores sanguins deviennent très minimes, ils sont insignifiants chez les *Astropecten aurantiacus* adultes où souvent les injections ne passent pas à l'extérieur. On a beaucoup exagéré l'importance de ce dispositif, je crois qu'il n'a aucune influence physiologique ; je ne peux que réter i ci ce que j'ai dit à propos du canal du sable.

Appareil vasculaire génital. — Il me reste à examiner la seconde partie de l'appareil sanguin, entièrement en rapport avec les organes génitaux. Elle ne se forme qu'à une époque relativement tardive, lorsque l'Astérie a atteint à peu près le tiers de sa taille maximum. Pour la bien comprendre, il est nécessaire de commencer par le développement ; je vais prendre comme type un *Astropecten.*

Si l'on prend un jeune *Astropecten aurantiacus* bien avant le développement des organes génitaux, on voit qu'il n'existe à la face aborale que le sinus glandulaire ; la glande ovoïde mérite alors bien son nom ; elle se prolonge en dehors du sinus pour former les deux glandes lymphatiques de la cavité générale. Il n'y a pas trace de l'anneau sanguin aboral.

Un jeune Astropecten de la même espèce, dont R = 80^{mm}, va nous montrer la phase suivante (pl. VII, fig. 2) ; sur la face interne du test, on trouve un pentagone régulier, partant du sinus axial ; des angles de ce pentagone, marqués par les piliers interradiaires, se détachent deux petits vaisseaux, qui remontent quelques millimètres le long du pilier, puis se terminent en cœcum. On peut injecter tout le pentagone et les rudiments de vaisseaux génitaux en poussant par le sinus axial ; ce sont donc des canaux creux. Si l'on pratique des coupes transversales (pl. VII, fig. 3), on voit qu'ils sont logés dans le tissu conjonctif de la paroi inférieure du test, et recouverts par le péritoine avec ses fibres musculaires habituelles (*e*) ; un épithélium pavimenteux les tapisse ; au centre du canal se voit un cordon arrondi, libre de toutes attaches ; ce cordon est revêtu de

l'épithélium pavimenteux ordinaire, il est formé de tissu conjonctif et de cellules, les unes isolées, les autres réunies en petits groupes ; celles-ci sont identiques aux cellules jeunes de la glande ovoïde, gros noyau nucléolé, protoplasma très granuleux. Si l'on poursuit les coupes jusqu'au voisinage du sinus axial, on voit que ce cordon n'est qu'une émanation de la glande ovoïde, dont les diverses parties constituantes se sont ainsi prolongées dans le pentagone sanguin. La glande ovoïde a émis ainsi à droite et à gauche deux processus ; ceux-ci parcourent toute la face aborale en donnant aux interradius des bourgeons qui entrent dans les vaisseaux génitaux ; en se réunissant, ils ferment le pentagone.

Je n'ai jamais trouvé d'intermédiaires entre les deux phases que je viens d'étudier, car il est fort difficile de se procurer de jeunes Astéries ; mais je pense que le pentagone sanguin et le *cordon génital* se forment et progressent en même temps. Les cellules se multiplient abondamment dans le cordon génital, si bien que l'on a un axe presque complètement cellulaire, entouré d'une zone conjonctive et de l'épithélium pavimenteux (pl. VII, fig. 4, *g''*), qui est toujours libre au centre du vaisseau sanguin *v'*.

La formation des organes génitaux commence chez l'*Astropecten aurantiacus* lorsque R = 8 à 10 ^{cm} (chez l'adulte R = 22 ^{cm}), chez l'*Astropecten hystrix* lorsque R = 4 ^{cm} 5 (chez l'adulte R = 7 ^{cm} 5), chez l'*Echinaster sepositus* lorsque R = 2 à 3 ^{cm} (chez l'adulte R = 12 ^{cm}). On voit que l'animal est déjà très bien constitué, sous tous les rapports, longtemps avant d'arriver à maturité sexuelle.

Chez un *Astropecten* ou une *Luidia*, où le vaisseau génital est relativement long, le cordon génital se prolonge jusqu'à son extrémité en s'amincissant graduellement ; le développement commence par le point le plus proche du disque, puis se propage jusqu'à l'extrémité opposée, de sorte que l'on a sur un même vaisseau génital toutes les phases se succédant régulièrement (pl. VII, fig. 7).

En un point déterminé, les cellules se multiplient activement

(pl. VII, fig. 4), ce qui produit une légère extumescence du cordon génital; ce soulèvement refoule devant lui la paroi du vaisseau sanguin, puis prend un développement considérable en gardant toujours la même constitution histologique (pl. VII, fig. 5).

A ce moment, on a un organe génital plus ou moins entièrement constitué, en continuation directe avec le cordon qui lui a donné naissance, le tout entouré d'un sinus sanguin. Arrive alors une importante modification : un septum conjonctif semi-lunaire (pl. VII, fig. 6, *f*) s'interpose entre la paroi du sinus et la base de l'organe génital, de façon à interrompre la communication entre le sinus génital et le vaisseau d'un seul côté, qui est le côté appliqué sur le test. Ce septum se soude au test; c'est à son intérieur que se perforera le spermiducte ou l'oviducte, ou, pour m'exprimer autrement, la communication entre le cœcum génital et l'extérieur. Pour bien comprendre cette disposition, il faut comparer les figures 6 et 10 de la pl. VII: l'une est une coupe verticale, perpendiculaire au vaisseau génital; l'autre est la projection de ce même vaisseau sur un plan vertical : le septum semilunaire *f* correspond à la base de l'organe génital de la fig. 10, depuis le point où s'attache le cordon *g*'' jusqu'au point où l'organe génital perfore le test pour aller s'ouvrir au dehors.

Revenons au moment où vient de se former le septum conjonctif : une invagination de l'épithélium extérieur passe à travers le septum et rejoint les cellules internes ; le canal de sortie est ainsi constitué. Je ne m'occuperai des transformations cellulaires qu'au chapitre qui traite des produits génitaux.

Le cordon génital est toujours en communication cellulaire avec l'organe qu'il a contribué à former. Mais le pédicule qui les relie s'étrangle bientôt ; en même temps le cordon change notablement de forme (pl. VII, fig. 10, 12, 13).

Je me résume. On trouve chez le jeune, immédiatement après la formation des organes génitaux : 1° un pentagone creux partant du sinus axial, qui donne deux vaisseaux génitaux par inter-

radius ; ces vaisseaux, à chaque organe génital, se dilatent en un sinus qui l'entoure complètement ; 2° un cordon cellulaire, partant de la glande ovoïde, parcourt tout l'appareil précédent, et s'attache à la base de chaque organe génital.

Que devient chez l'adulte cet ensemble complexe? Si l'on fait des coupes du pentagone aboral (pl. VII, fig. 8), on voit que le cordon génital est relié à la paroi du vaisseau par un gros pédicule conjonctif qui règne dans toute la longueur du cordon ; la forme de ce dernier s'est également modifiée, il s'est lobé plus ou moins profondément. Les cellules qu'il contient se sont énormément multipliées ; elles se chargent de pigment jaune et se transforment en globules sanguins, en suivant toutes les phases que j'ai décrites auparavant : le cordon génital est donc devenu une glande lymphatique ; cela n'a rien d'étonnant, puisqu'il est le prolongement de la glande ovoïde. Tandis que le centre est formé d'un amas de tissu conjonctif et de cellules (pl. VII, fig. 9), la périphérie présente des alvéoles assez semblables à celles de la vésicule de Poli, dans lesquelles les cellules se divisent activement, se chargent de pigment, deviennent amœboïdes (pl. VII, fig. 9, *l*), et d'où elles sont finalement expulsées pour tomber dans le pentagone sanguin.

Jusqu'aux organes génitaux, on trouve ainsi le cordon génital relié à la paroi par une lame conjonctive, et transformé en glande lymphatique sur tout son parcours ; quand la coupe passe par un organe génital (pl. VII, fig. 10, 12, 13), le cordon est en continuité avec lui et libre de toute attache sur le reste de sa surface. Chez l'adulte (pl. VII, fig. 15), on peut presque toujours reconnaître le trajet des vaisseaux sans injection, grâce à la couleur du cordon ; il éprouve les mêmes variations de teinte que la glande ovoïde, tantôt brun, noirâtre ou violacé, et apparaît par transparence au travers des téguments. Il est impossible, quand on regarde ainsi un adulte, de ne pas avouer que ce cordon génital est bien la continuation directe de la glande ovoïde. Il n'y a que dans

la famille des *Asterinidæ*, dont les espèces sont d'assez petite taille, que le cordon génital ne se transforme pas en glande lymphatique (pl. VI, fig. 12, *g''*) ; il ne renferme qu'un petit nombre de cellules et garde le caractère embryonnaire (comparer avec le cordon d'un jeune *Astr. aurantiacus* (pl. VII, fig. 3). Aussi chez les *Asterina*, *Palmipes*, *Solaster*, il faut avoir recours à l'injection pour déceler le cercle aboral ; jamais il ne devient apparent sur le vivant, puisque le cordon génital ne se colore pas.

Quel peut être le rôle de ce réseau lymphatique ? Il est uniquement en rapport avec les organes génitaux, puisque très souvent la communication entre le sinus axial et l'anneau aboral est nulle (*Asterias glacialis*, *Astropecten aurantiacus*). J'ai montré que très probablement les globules lymphatiques absorbaient les substances nutritives solubles répandues dans la cavité générale, pour les restituer sous une forme résistante à l'osmose. Les peptones peuvent bien être absorbées par le réseau glandulaire aboral ; mais l'albumine produite par la dissolution de ses cellules ne peut s'échapper, elle est forcément utilisée par les organes génitaux, qui ont un développement très rapide et absorbent une quantité considérable de vitellus.

Toutes les parois des vaisseaux sont recouvertes d'un épithélium pavimenteux vibratile parfaitement continu ; M. Hamann ne l'a point vu et a considéré tout le cercle aboral et ses dépendances comme une série de lacunes irrégulières creusées dans le tissu conjonctif : il n'en est rien ; ces sinus ou vaisseaux, comme on voudra les appeler, sont toujours parfaitement limités ; nulle part ils ne s'ouvrent dans les interstices des muscles, des divers organes ; enfin leur paroi interne est toujours recouverte d'un épithélium continu, qui donnerait au nitrate d'argent la mosaïque polygonale représentée fig. 9, pl. II.

On peut voir sur le vivant la circulation dans le sinus génital (pl. VI, fig. 13, *v''*) ; en comprimant l'organe sexuel avec certaines précautions, on distingue très bien les diverses couches épithéliales

externe et interne ; jamais je n'ai vu de cils vibrer à l'intérieur du sinus sanguin ; on voit de nombreux globules pigmentés se déplaçant lentement par leurs mouvements amæboïdes. On peut constater les mêmes faits chez les Ophiures où les organes génitaux sont également enveloppés de toutes parts d'un sinus sanguin. Ce simple examen de l'organe vivant suffit pour démontrer l'erreur de Ludwig, qui croyait que le cordon génital était l'appareil vasculaire destiné aux organes génitaux et qu'il se continuait tout autour de ceux-ci.

Pour simplifier cette description, j'ai toujours parlé de l'anneau vasculaire aboral comme formant un pentagone régulier ; mais il est fort souvent irrégulier ; souvent chez l'*Astropecten aurantiacus*, on voit un des vaisseaux doublé sur l'un des points du parcours (pl. VII, fig. 15) ; cela est bien plus caractérisé encore chez l'*Echinaster sepositus* (pl. V, fig. 10 et 11), où l'anneau aboral prend la forme d'un réseau circulaire très irrégulier, on ne trouve pas deux Echinaster chez lesquels il soit semblable ; presque toujours la complication semble partir du sinus axial. Quel que soit le nombre des vaisseaux (pl. VI, fig. 11), la glande ovoïde se prolonge dans chacun d'eux. On voit qu'il ne faut pas considérer l'appareil vasculaire aboral comme comparable à l'anneau oral ; tandis que ce dernier est immuable, l'appareil aboral varie beaucoup de forme ; c'est un réseau, de forme simple, qui va du sinus axial aux organes génitaux. Ainsi considéré, il est tout à fait homologue à celui que M. Prouho (1) a trouvé chez un oursin, le *Dorocidaris*, et qui se trouve dans la lame mésentérique unissant les cinq glandes génitales.

Physiologie. — Le nom d'appareil vasculaire sanguin est un peu ambitieux ; il n'y pas de liquide sanguin, à proprement parler, puisque le contenu de cet appareil est identique à celui de la cavité

(1) Sur le système vasculaire du Dorocidaris papillata, Comptes rendus, n° 24, 15 juin 1886, page 1403.

générale ; j'ai voulu simplement rappeler qu'il est destiné à la nutrition des organes qu'il parcourt, savoir le ruban épithélio-nerveux à la face supérieure, les organes génitaux à la face inférieure, grâce aux nombreuses glandes lymphatiques qu'il contient à son intérieur.

Le liquide contenu dans les vaisseaux et sinus n'est mû par aucun courant ; il est simplement ballotté par les cils vibratiles de l'épithélium vasculaire, sans direction déterminée. Bien des fois, j'ai essayé de voir s'il n'y avait pas un courant quelconque par les orifices vertébraux ou interradiaires ; mes essais, quelque variés qu'ils fussent, ont été négatifs ; à la loupe, on voit parfaitement des particules s'introduire dans les orifices, être ballotées longtemps à la surface, puis s'échapper définitivement.

Après avoir décrit en général la disposition du système vasculaire, il convient d'examiner ses modifications dans les différentes familles ; il en présente de très curieuses qui jettent un grand jour sur sa morphologie.

Asteriadæ. — Dans les études de mes prédécesseurs, c'est presque toujours les *Asterias rubens* ou *glacialis* qu'ils ont pris comme types ; c'est un choix malheureux, car ces espèces sont justement assez aberrantes et présentent quelques dispositions spéciales : l'une d'entre elles a été le point de départ d'une erreur de Ludwig, qui aurait été certainement d'un autre avis, s'il avait étudié une Astérie plus simple.

Si on injecte par le sinus radial (pl. IV, fig. 2, 4), on voit que l'intervalle laissé entre les ambulacres est occupé par un réseau vasculaire, qui paraît, au premier abord, très différent de celui que nous avons étudié : il n'en est rien ; on sait que dans cette famille les trous ambulacraires sont disposées sur quatre rangées, alternes ; de sorte que si l'on considère une paire, l'un des trous sera rapproché du sinus, l'autre sera éloigné, et ainsi de suite. Il naît de même un sinus transverse au devant de chaque ambulacre, mais il est forcé de contourner le trou ambulacraire qui est sur son chemin, c'est la

seule différence qui existe avec les Astéries à deux rangées. On voit donc naître côte à côte deux vaisseaux parallèles, qui s'écartent pour embrasser le trou distal, suivant l'expression anglaise, qui est sur leur chemin ; un coup d'œil jeté sur la figure 2 ou 4, en dira plus qu'une longue et pénible description. Au bord de la rainure ambulacraire, tous ces vaisseaux se jettent dans un sinus marginal (*u*), assez mal délimité ; ce sinus, à son tour, au niveau de chaque orifice adambulacraire (*o'*), émet une branche qui va s'ouvrir dans la cavité générale (pl. IV, fig. 5,*o'*).C'est Hoffmann qui a découvert ce réseau brachial ; MM. Perrier et Poirier ont rectifié sa description ; ce sont eux qui ont signalé chez les deux espèces dont je m'occupe les ouvertures vertébrales (52). Au commencement du bras, on voit les sinus reprendre la disposition typique (pl. IV, fig. 3); le sinus marginal, après avoir reçu le premier vaisseau transverse, se perd dans les intervalles conjonctifs. M. Hoffmann le fait se relier avec le sinus marginal du bras suivant, bien à tort ; dans toutes mes injections, je l'ai vu se terminer en cœcum; d'ailleurs ce serait en contradiction avec ce que j'ai reconnu précédemment chez les espèces plus simples.

Le cercle sanguin (pl. IV, fig. 1) débouche dans la cavité générale par cinq orifices interradiaires , fort petits , à moitié recouverts par des brides mésentériques ; si on introduit une canule très fine dans l'un d'eux, on peut facilement injecter les quatre autres. Au point où se trouvent ces orifices, Hoffmann indique un petit lacis de vaisseaux ; il est probable qu'il les a injectés, mais il a pris pour des vaisseaux les brides conjonctives qui s'imprègnent de matière colorée,lorsque celle-ci s'échappe dans la cavité générale.

Jusqu'ici nous retrouvons exactement les mêmes dispositions que dans le type général. Etudions maintenant le sinus radial et l'anneau oral sur les coupes. Un mot d'historique est nécessaire : Ludwig (1878) a donné une théorie de l'appareil vasculaire, qui est partout acceptée ; elle n'est cependant pas exacte, au point de vue des interprétations ; quant aux faits, ils ont été assez bien

observés pour la plupart. Ludwig, étudiant un type aberrant, l'*Asterias rubens*, au moyen des coupes sur des échantillons conservés dans l'alcool, a tiré tout le parti possible de ses matériaux. Les Astérides se conservent mal dans l'alcool, à moins de précautions spéciales; les épithéliums sont fort délicats; et, surtout après les décalcifications, toujours nécessaires pour les coupes, à la place d'une glande compacte, on ne retrouve plus que le lacis conjonctif qui la soutient. C'est ce qui a amené Ludwig à admettre des réseaux vasculaires dans des organes qui, sur le vivant, sont manifestement pleins. Hamann, qui l'a suivi dans sa théorie, en négligeant les études sur le vivant, est tombé exactement dans la même erreur. Tout ce que j'ai décrit comme sinus ou vaisseaux est pour Ludwig un espace périhæmal; le véritable appareil vasculaire de cet auteur est formé par les septums radiaires et annulaires, par la glande ovoïde et le cordon génital; en effet, toutes ces parties sont continues les unes avec les autres, et, sur des Astéries mal conservées, ont assez l'apparence d'un réseau vasculaire. Nous avons vu précédemment la signification du cordon génital; la glande ovoïde que Jourdain, Teuscher et Hoffmann chez les Astéries, Perrier chez les Oursins ont montré n'être qu'une glande, est un organe lymphatique comme je l'ai démontré le premier; il nous reste à voir ce qui a pu induire en erreur Ludwig dans les septums radiaux.

Le septum radial est une lame fort épaisse qui, aux intervalles vertébraux, est perforée de larges trous, toujours placés à la partie inférieure. Au bord de ces trous s'attachent des septums obliques, conjonctivo-musculaires, qui se relient aux parois du sinus; quand la coupe transversale passe par un des trous, on a la fig. 6, pl. IV; quand la coupe passe par un point non perforé, on a la fig. 7, qui montre un simple septum vertical; Ludwig avait bien vu cette disposition. On voit que le septum va depuis la base du bras jusqu'à son extrémité, complet seulement à sa partie supérieure, qui est absolument creuse; c'est cette cavité que Ludwig

a interprétée comme vaisseau sanguin. Pour bien l'étudier, voici comment il faut procéder : avec un scalpel, on enlève tout le fond de la rainure ambulacraire ; on a ainsi un long ruban, comprenant le septum et la couche épithélio-nerveuse ; il n'y a pas à décalcifier, et l'on peut faire des coupes aussi minces que l'on veut. On voit alors que le septum, limité par une mince couche conjonctive et un épithélium pavimenteux manquant par places, est absolument creux (pl. IV, fig. 9) ; sa cavité est traversée par une grande quantité de tractus conjonctifs, qui la subdivisent en nombreuses alvéoles ; des cellules (*l*), identiques à celles des glandes lymphatiques, reposent sur les tractus conjonctifs, ou sont libres dans les cavités qu'ils limitent ; on voit que ce septum est tout à fait semblable à une glande lymphatique ; pour s'en convaincre, il suffit de le détacher sur le vivant et de le regarder à un fort grossissement (oc. 2, obj. 10 à imm. Nachet); la figure 10, pl. IV, en est une fidèle représentation ; le septum est rempli des cellules pigmentées habituelles, les unes non mûres, les autres déjà amæboïdes (*l*); on les voit affluer en grand nombre sur des points prédisposés à leur sortie (*d*), véritables hernies de fibres conjonctives, non recouvertes de l'épithélium vibratile externe.

Chez les *Asterias rubens* et *glacialis*, la partie supérieure du septum radial est donc convertie en glande lymphatique. Lange, Teuscher et Ludwig ont pris sa cavité pour un vaisseau, sans voir ni les tractus conjonctifs, ni les cellules ; MM. Perrier et Poirier se trompent en déclarant que le septum est plein et qu'il n'existe pas trace de l'appareil vasculaire décrit par les auteurs allemands précités.

Les sinus transverses qui passent entre les ambulacres débouchent toujours dans la partie supérieure du sinus et jamais dans sa cavité inférieure (lorsqu'il paraît formé de 3 canaux superposés) ; la fig. 6, pl. IV, le montre fort nettement, à l'encontre des opinions d'Hoffmann.

Le septum radial se relie au septum buccal ; Ludwig décrit éga-

lement dans ce dernier, un appareil vasculaire, le cercle sanguin oral. Cet appareil n'existe pas ; le septum (pl. IV, fig. 16, *sb*) est absolument plein, les cavités lymphatiques du septum radial ne s'y prolongent point, du moins d'une façon constante ; parfois les réactifs le contractent, il se forme alors à sa surface des boursouflures, des épaississements épithéliaux, qui simulent des vaisseaux ; mais, je le répète, cela est absolument artificiel, il n'y a pas de cavité continue dans le septum oral. Celui-ci limite deux cavités dans l'anneau sanguin, une interne, plus petite, qui donne naissance au sinus glandulaire (fig. 16, *r'*), une externe, plus grande, qui correspond avec les sinus radiaux et la cavité générale ; lorsqu'on pousse doucement une injection par les bras, il arrive assez souvent qu'elle ne passe point dans le sinus glandulaire ; la communication n'est donc pas facile entre les diverses parties du système sanguin.

Même observation pour la face inférieure (pl. V, fig. 2) ; si on l'examine sur un animal frais, on voit facilement le cercle aboral et son cordon génital interne *g''* ; si l'on pousse une injection par le cercle, on voit le liquide passer au devant du sinus glandulaire, sans y pénétrer, puis le dépasser et remplir le reste de l'anneau sanguin. Il n'y a donc pas communication entre le sinus et le cercle aboral. Par une dissection attentive on voit la glande ovoïde perforer la paroi du sinus (pl. V, fig. 1), puis passer dans le cercle aboral, où elle forme le cordon génital ; les fig. 1 et 2 montrent clairement cette disposition ; la coupe (fig. 3) confirme absolument les dissections.

Le cordon génital qui, formant ainsi un cercle complet, passe au devant du sinus axial, perfore à son tour la paroi du vaisseau dans lequel il est contenu et s'étale dans la cavité générale (fig. 1, 2, 3), sous forme de deux masses glandulaires, très irrégulières (*l*), légèrement colorées en jaune, qui sont les glandes lymphatiques de la cavité générale. Chez l'*Asterias rubens*, il y a de même deux glandes lymphatiques, mais plus régulières que chez l'*Ast. glacialis*.

On voit, par cet exposé, combien il se faut garder de comparer

l'appareil vasculaire des Astéries à celui des animaux plus élevés en organisation. Chez les *Asteriadæ*, il se compose en réalité de trois parties séparées, toutes pourvues d'une glande lymphatique, et qui n'ont que peu ou point de communication entre elles : la première est formée des sinus radiaux et du cercle oral externe ; elle débouche dans la cavité générale ; la seconde comprend le cercle buccal interne et le sinus axial, elle débouche à l'extérieur par quelques pores madréporiques ; la troisième est formée du cercle aboral et ses dépendances, uniquement en rapport avec les organes génitaux ; je ne dis pas qu'il ne puisse passer quelques globules d'un système à l'autre, mais les communications sont extrêmement restreintes, surtout chez l'*Asterias glacialis* ; cela n'est pas si absolu chez l'*Asterias rubens*.

Echinasteridæ, *Linckiadæ*. — La circulation du bras est celle du type général (pl. V, fig. 7) ; le sinus radial est divisé en deux par une lame mince chez le jeune, plus épaisse chez l'adulte, présentant des perforations et des septums obliques (pl. VI, fig. 1), comme précédemment ; il n'y a pas trace de cavité lymphatique dans le septum radial.

Les orifices interradiaires sont très petits et très difficiles à injecter. Toutes les cavités sanguines communiquent ensemble ; on peut injecter tout le système en poussant par un sinus radial. Chez la *Cribella oculata* (pl. V, fig. 9), l'anneau aboral a la forme d'un pentagone régulier émettant les dix vaisseaux génitaux habituels ; on injecte facilement les sinus génitaux. Chez l'*Echinaster sepositus* la disposition est tout autre, je l'ai déjà signalée précédemment ; l'anneau aboral (pl. V, fig. 10 et 11) a la forme d'un réseau très variable ; j'en ai représenté un très simple et un autre très compliqué ; chez aucun Echinaster je n'ai trouvé la forme absolument régulière. Dans chacune de ces branches (pl. V, fig. 5), on trouve un cordon génital transformé en glande lymphatique, ce qui permet de voir le réseau aboral sans injection, grâce à sa couleur.

Dans une note (Comptes-Rendus, 10 janvier 1887), j'ai dit que

les *Echinasteridæ* ne présentaient jamais de glandes lymphatiques de la cavité générale ; c'est trop absolu ; à la vérité, elles sont extrêmement réduites et fort difficiles à trouver : elles se réduisent à quelques amas cellulaires réunis sur deux brides mésentériques (pl. V, fig. 12, *l*), qui partent du sinus axial et vont en divergeant s'attacher au test ; mais ces cellules m'ont présenté de la façon la plus nette la transformation en corpuscules sanguins ; sur des coupes on peut constater que ces amas sont en continuité de tissu avec la glande ovoïde.

Chez l'*Ophidiaster Chinensis*, la paroi du sinus glandulaire est remplie de spicules assez volumineux.

Asterinidæ. — Le septum du sinus radial (pl. VI, fig. 8, *l*) est une lame mince parfaitement continue, qui porte sur ses deux faces des noyaux épars ; si Ludwig avait examiné cette famille, il aurait bien vu que ce septum si mince ne pouvait renfermer d'appareil vasculaire.

Les orifices interradiaires (pl. V, fig. 13 et 14) sont assez grands et faciles à injecter. Chez l'*Asterina gibbosa*, les organes génitaux étant placés à la face supérieure (pl. II, fig. 11) comme Ludwig l'a décrit le premier, les vaisseaux génitaux sont fort longs, parcourent l'interradius (pl. V, fig. 16), puis remontent sur la face supérieure jusqu'aux organes génitaux. L'anneau aboral est très souvent irrégulier ; la fig. 11, pl. VI, montre la coupe de trois anneaux, dans chacun desquels on trouve le cordon génital, non transformé en glande lymphatique (pl. VI, fig. 12).

Il y a deux glandes lymphatiques de la cavité générale (pl. VI, fig. 9), assez petites, globuleuses, que l'on retrouve facilement dans les dissections et les coupes (pl. VI, fig. 10).

Culcitidæ. — Le septum du sinus radial présente des particularités du plus haut intérêt. Chez le *Gymnasteria carinifera*, au lieu d'être formé d'une lame membraneuse, plus ou moins épaisse, il est entièrement calcaire. Quand on le détache avec soin, et qu'on le porte sous le microscope, on voit (pl. VI, fig. 20) que c'est un long cylindre calcaire, de trame assez serrée, qui va s'amincissant légère-

ment jusqu'à l'extrémité du bras ; il est légèrement épineux à la surface, et pourvu de très nombreuses articulations, disposées dans tous les sens, afin de pouvoir suivre sans se rompre tous les mouvements du bras ; il est relié à la paroi inférieure du sinus par une lame conjonctive ; bien qu'il intercepte en grande partie la cavité, on retrouve sur les côtés la lumière du sinus. En arrivant vers la bouche, le septum calcaire, qui était compact depuis l'extrémité du bras, se dissocie pour ainsi dire ; son extrémité orale ne renferme plus que des plaques calcaires isolées, assez nombreuses à la vérité ; le septum de l'anneau buccal contient également beaucoup de plaques calcaires. Cette particularité présentée par le Gymnasteria me semble un argument convaincant : il ne peut y avoir d'appareil vasculaire dans la cloison (Ludwig), pas plus que de système nerveux (Perrier), puisque celle-ci est formée de calcaire compact.

Le *Pentaceros* présente un septum radial épais et simple. Chez la Culcite, la lumière du sinus radial est parcourue par plusieurs septums, disposés assez irrégulièrement, limitant des cavités qui s'ouvrent les unes dans les autres ; la fig. 18 de la pl. VI donne une bonne idée de cette disposition.

Les orifices interradiaires (pl. VI, fig. 15) sont fort grands et rappellent ceux que nous verrons chez les *Astropecten*. J'ai trouvé deux glandes lymphatiques de la cavité générale (pl. VI, fig. 17 et 19, *l*), assez minimes ; elles sont supportées par deux brides mésentériques qui vont se confondre à leur extrémité avec celles du tube digestif. La partie glandulaire est un amas fusiforme qui parcourt toute la bride mésentérique.

Astropectinidæ. — J'aurai peu de chose à dire sur cette famille que j'ai presque constamment prise comme type.

Chez les *Astropecten platyacanthus*, *spinulosus* et *squamatus*, le septum radial est une membrane mince, présentant des perforations et des septums obliques, comme ceux que nous avons déjà étudiés (pl. VIII, fig. 10). Chez les *Astropecten aurantiacus* et *hys-*

trix, ainsi que chez la *Luidia ciliaris*, le septum est une lame épaisse, entièrement conjonctive (pl. VI, fig. 24) et continue tout le long du bras. On a souvent parlé de lacunes vasculaires dans le septum d'*Astropecten aurantiacus* ; elles n'ont pas la signification qu'on leur attribue ; on a pris soit des déchirures du tissu conjonctif, soit des accidents de préparation (Teuscher) pour des lacunes ; il est facile de voir qu'elles ne sont tapissées par aucun épithélium, et, par conséquent, elles doivent être considérées comme artificielles. Sur les coupes minces, j'ai toujours vu que le septum radial ne renfermait pas de cavités lymphatiques comme celles des *Asterias*.

Les orifices interradiaires sont fort grands (pl. VIII, fig. 3, *o*), situés immédiatement en avant du soutien interradiaire ou odontophore ; je ne m'explique pas comment on ne les ait jamais reconnus ; on n'a qu'à soulever ou à couper les vésicules de Poli pour les voir sans injection, ils sont partagés en deux par une mince cloison qui se continue avec la cloison interbrachiale.

Chez l'*Astropecten aurantiacus* adulte et de belle taille, on peut noter à peu près le même fait que pour l'anneau aboral d'*Ast. glacialis;* la communication (pl. VII, fig. 15) est extrêmement réduite entre le sinus axial et le cercle aboral. Les irrégularités (pl. V, fig. 20), assez fréquentes, consistent simplement en un dédoublement d'un des côtés du pentagone ; cela a lieu presque toujours sur les côtés les plus rapprochés du sinus axial. Dans toute cette famille, enfin, le cordon génital est transformé en glande lymphatique sur tout son parcours, ce qui décèle immédiatement le trajet des vaisseaux.

Chez la *Luidia ciliaris*, grâce au grand développement du canal du sable (pl. VI, fig. 21), la glande ovoïde est collée contre celui-ci ; le sinus glandulaire a une cavité à peu près nulle ; pourtant, il livre encore passage aux injections. Il n'y a, dans cette espèce, qu'une seule glande lymphatique de la cavité générale (pl. VI, fig. 21, *l*), volumineuse, allongée, encastrée entre deux brides mésen-

tériques. Chez tous les *Astropecten* (pl. VII, fig. 1, 2, 15, *l*), il y a deux glandes de cette sorte, cachées chacune sous une bride mésentérique ; sur la coupe, elles sont profondément lobées (pl. VIII, fig. 7) ; elles sont loin d'arriver jusqu'au point d'attache de l'intestin, et s'arrêtent environ à moitié chemin.

Développement. — Le développement de l'appareil sanguin est entièrement du domaine de l'organogénie ; il est parfaitement constitué chez les jeunes Astéries ; le sinus radial naît par écartement du tissu conjonctif : aussi, chez de jeunes animaux, voit-on sa lumière à moitié obstruée par quelques filets conjonctifs (pl. VI, fig. 1) ; peu à peu ces tractus se résorbent, et le septum radial prend sa forme habituelle.

Les septums radiaux s'épaississent, et se tranforment avec l'âge ; ainsi chez un jeune Asterias, ils ne renferment pas encore de cavités lymphatiques.

Historique. — Il me reste à exposer les opinions qui ont eu cours dans la science sur l'appareil vasculaire. Je ne parlerai pas ici des observations de détail ; elles ont trouvé leur place dans le courant des études précédentes.

Tiedemann (1816) décrit chez l'*Astropecten aurantiacus* deux anneaux sanguins oraux, superposés et séparés par le septum oral qui est pour lui l'anneau nerveux ; l'un, le plus externe, est son vaisseau orangé, l'autre le véritable anneau sanguin. Pour lui, la glande ovoïde est un cœur, qui donne à la face inférieure un anneau aboral, dix vaisseaux génitaux, dix allant aux cœcums radiaires et deux allant au sac stomacal (Sharpey, Greeff et Hoffmann ont montré que les dix vaisseaux allant aux cœcums radiaires n'étaient que des brides mésentériques).

Je passe sous silence les travaux de Della Chiaje (1825), de Volkmann (1837), de Müller (1854), qui confirment et compliquent les descriptions de Tiedemann.

Jourdain (1867) accepte comme unique appareil vasculaire le système ambulacraire, il nie complètement le système sanguin,

malgré les travaux précédents ; pour lui, le cœur de Tiedemann est une simple glande.

Hoffmann (1874) fait faire un grand pas à la question par la méthode des injections ; il décrit deux anneaux, l'un oral, émettant cinq vaisseaux radiaux, l'autre aboral, émettant dix vaisseaux génitaux, réunis par un sinus renfermant dans sa cavité le canal du sable et un organe particulier (korper drüsenformige), animé de contractions semblables à celles d'un cœur. Hoffmann a vu le premier le réseau vasculaire du bras ; les vaisseaux intestinaux de Tiedemann sont pour lui des glandes parcourues pas un réseau vasculaire. Il suppose que les Astéries n'ont pas d'orifices génitaux ; comme on arrive à injecter le sinus périgénital en poussant par le sinus axial, il croyait que les œufs tombaient directement dans l'anneau sanguin dorsal, et de là s'échappaient au dehors par les pores du madréporite.

Greeff (1871-74) découvre le cordon génital contenu à l'intérieur du cercle vasculaire aboral ; mais il en fait la voie d'excrétion des produits génitaux, qui s'échapperaient au dehors par des pores interradiaires, plaçant en communication directe l'eau de mer et le système vasculaire ; cet auteur commence à trouver des vaisseaux dans les différents septums ; pour lui, le cœur de Tiedemann est un organe branchial.

M. Perrier (1875), dans ses études sur les Oursins, montre que le cœur de ces animaux n'est qu'une glande, qu'il assimile à une glande rénale ou excrétrice ; au sujet des Astéries, il émet une supposition, d'après laquelle tout l'anneau aboral et les vaisseaux génitaux ne seraient que les canaux excréteurs du sperme ou des œufs : c'est l'hypothèse d'Hoffmann et de Greeff.

Les travaux de Lange (1876) et de Teuscher, surtout ceux de ce dernier, conduisent peu à peu à la théorie célèbre de Ludwig. Teuscher montre que la glande ovoïde est formée de fibres et de cellules pigmentées ; il pense qu'elle remplit un rôle chez le jeune, et que chez l'adulte elle tombe en dégénérescence, sans avoir aucune utilité.

Ludwig (1878) est le premier qui se soit appuyé sur des faits bien observés ; il décrit deux appareils vasculaires enchâssés l'un dans l'autre : le premier, périhæmal, est une dépendance de la cavité générale ; le second est le véritable système sanguin ou hæmal. J'ai déjà exposé sa théorie à propos des *Asteriadæ*, je n'y reviendrai pas. Il démontre que les orifices génitaux sont présents chez tous les Astérides, et que le sinus sanguin qui entoure ces organes n'a aucune communication avec leur cavité interne ; il considère l'appareil vasculaire (hæmal et périhæmal) comme parfaitement séparé de l'appareil ambulacraire, à l'encontre d'Hoffmann et de Greeff, qui admettaient une connexion entre les deux systèmes dans la région du disque. Pour lui, la glande ovoïde est un cœur plexiforme, animé de mouvements rhythmiques. Enfin il admet un système de cavités dans les parois du corps, dépendantes de l'appareil périhæmal.

Jourdain (1882), revenu de ses opinions précédentes, décrit comme nouveautés le cordon génital et les pseudo-vaisseaux intestinaux, il leur assigne une fonction d'excrétion, ainsi qu'à la glande ovoïde ; il pense que tout le système périhæmal des auteurs précédents n'estqu'un vaste appareil excréteur parcouru par les produits génitaux et la glande ovoïde, qui déboucherait à l'extérieur par un pore situé dans le cadre péribuccal.

MM. Perrier et Poirier (1882) confirment les vues de Ludwig, de Müller et Troschel sur les orifices génitaux des Asterias ; ils précisent l'opinion de Ludwig en montrant les ouvertures du sinus radial dans la cavité générale du bras.

Enfin M. Hamann (1885) reprend la théorie de Ludwig ; comme lui, il décrit un appareil vasculaire dans les divers septums et dans le cordon génital ; il considère une partie de ce dernier et la glande ovoïde (organe chromatogène) comme des organes d'excrétion, dont le produit s'échapperait par la plaque madréporique. De même, il confirme les vues de Ludwig sur le système de cavités situées dans la paroi du corps ; il accepte les deux vaisseaux intes-

tinaux de cet auteur dont il figure les ramifications sur l'intestin ; enfin il considère les espaces périhæmaux de Ludwig comme un schizocæle, la cavité générale comme un entérocæle ; il nie toute communication entre les deux.

M. Perrier (1886) reconnaît chez la Comatule que les produits génitaux se développent aux dépens d'un prolongement de la glande ovoïde. On a vu que j'ai signalé les mêmes faits chez les Astéries. M. Prouho (1) n'est pas de cet avis chez les Oursins; il pense que le bourgeon primitif génital se forme à côté de la glande ovoïde, sans communication avec cette dernière ; je regrette de me trouver en contradiction avec lui; mais les faits sont tellement démonstratifs chez les Astéries, où le cordon génital présente chez l'adulte une identité d'histologie et de fonctions avec la glande ovoïde, que pour mon compte il n'y a pas place au moindre doute.

On voit combien la question est remplie d'obscurité; j'ai essayé de l'élucider en employant tous les moyens d'étude chez les espèces les plus diverses ; je ne me suis arrêté à un résultat que lorsqu'il a été constant dans toutes les familles ; j'ai montré la véritable signification de l'appareil hæmal de Ludwig, la signification du cordon génital et de la glande ovoïde, dont j'ai défini et étudié la fonction ; de même les vaisseaux intestinaux ne sont que les glandes lymphatiques, annexées à la cavité générale. Ni par les injections ni par les coupes je n'ai trouvé d'appareil vasculaire dans les parois du corps ; nous avons d'ailleurs vu, dans l'histologie du tissu conjonctif, que Ludwig et Hamann ont pris pour des lacunes (schizocæle) les amas de cellules embryonnaires épars dans la paroi du corps. Enfin j'ai démontré par les injections et les coupes la communication constante du véritable système sanguin (correspondant aux espaces périhæmaux de Ludwig) avec la cavité générale chez toutes les espèces que j'ai étudiées.

Valeur morphologique du système vasculaire. — Il ne faut

(1) Sur le développement de l'appareil génital des Oursins, Comptes-Rendus, 3 janvier 1887, page 83.

pas croire, à l'exemple de Ludwig et de MM. Perrier et Poirier, que le système vasculaire des Astéries, quoique dérivant directement de la cavité générale, ne soit pas homologue au système vasculaire des autres Echinodermes. Comparons avec l'Oursin, par exemple : dans les deux familles, on trouve un anneau oral ; les sinus radiaux qui longent les bras correspondent aux vaisseaux sanguins, inférieurs aux canaux ambulacraires, que l'on trouve chez l'Oursin ; le sinus axial correspond au réseau vasculaire qui s'étend sur la glande ovoïde chez ce dernier ; le sinus génital et l'anneau aboral correspondent exactement au réseau vasculaire génital que M. Prouho a décrit chez le *Dorocidaris*. On peut faire cette remarque que partout où l'on trouve chez les Astéries un vaste sinus englobant les organes, correspond chez l'Oursin un réseau vasculaire plus ou moins complexe. A la vérité l'Oursin possède un grand nombre de vaisseaux à la surface du tube digestif ; cela manque absolument chez l'Astérie, mais les lignes fondamentales restent les mêmes.

Reproduction sexuée.

Les Astérides ont deux modes de reproduction : l'une, par voie sexuée, existant chez toutes les espèces ; l'autre, asexuée, se présentant normalement chez un petit nombre de types.

Les Astérides ont généralement les sexes séparés ; cependant la famille des *Asterinidæ* présente un hermaphroditisme très net et dont les phases sont fort singulières. Le nombre des mâles est à peu près égal à celui des femelles ; il n'y a entre eux aucune différence extérieure, mais la couleur des organes génitaux, blanc jaunâtre chez les mâles, rouges, roses ou bruns chez les femelles, les différencie dès qu'on les a ouverts.

Il y a très probablement plusieurs pontes par an ; à Banyuls, j'en ai observé pendant l'hiver, en novembre et décembre ; à Roscoff, pendant les mois de juin et juillet. En captivité, lorsqu'une Astérie

va pondre, elle prend généralement une station verticale, en s'attachant par exemple aux parois d'un bac, puis le sperme ou les œufs s'écoulent lentement pendant un temps assez long, en troublant fortement l'eau ambiante. On parle souvent d'une sorte d'accouplement, de rapprochement des animaux ; j'ai vu fréquemment la sortie des produits sexuels, chez diverses espèces, et jamais je n'ai vu la moindre velléité de rapprochement, les mâles et les femelles déversent isolément le sperme et les œufs ; mais comme ils vivent dans des points localisés, où on en trouve un grand nombre, on conçoit que la fécondation puisse s'opérer, malgré ces conditions défectueuses. Comme nous l'avons vu dans l'étude du système sanguin, les organes génitaux sont entourés de toutes parts par un sinus ; lorsque la ponte vient d'avoir lieu, ce sinus est fort dilaté et facile à injecter ; sa cavité est presque entièrement annulée lorsque l'organe est gonflé par les produits qu'il contient.

Les organes génitaux débouchent à l'extérieur par des orifices spéciaux. Tiedemann pensait que chez l'*Astropecten aurantiacus*, les œufs sortaient par des orifices situés aux coins de la bouche ; Müller et Troschel, chez la même espèce, que les produits génitaux tombaient dans la cavité générale, puis s'échappaient par les pores ambulacraires. Je rappelle pour mémoire les opinions d'Hoffmann, de Greeff et de Jourdain, qui faisaient du système sanguin la voie d'excrétion des produits génitaux. Ludwig a trouvé les vrais orifices chez quelques espèces ; c'est un fait parfaitement constant chez toutes les Astéries : quand on ne peut découvrir l'orifice sur le vivant, on le décèle facilement par les coupes.

Avant d'étudier l'évolution des éléments sexuels, je crois utile d'examiner les diverses formes des organes génitaux dans les familles que j'ai pu étudier.

Astropectinidæ. — Le type de la famille, l'*Astropecten aurantiacus*, est bien connu à ce sujet ; je renvoie aux figures de Tiedemann (voir Bronn, Klassen und Ordnungen, Band II, Actinozoa), de MM. Carl Vogt et Yung. Dans chaque interradius, on trouve un

grand nombre de cæcums, rassemblés en une vingtaine de groupes ; à peine envahissent-ils le commencement du bras ; les orifices sont assez grands et simples, il en existe une dizaine de chaque côté de l'interradius, un pour chaque grappe de cæcums ; on les retrouve facilement dans les coupes (pl. VII, fig. 10) ; ils sont situés à la partie inférieure ou aborale du bras, immédiatement après les pièces marginales dites dorsales ; les testicules sont blanchâtres, les ovaires rosés. La description précédente convient également aux *Astropecten spinulosus*, *squamatus* et *platyacanthus* ; le nombre des cæcums génitaux et leur volume sont un peu moindres. Chez l'*Astropecten hystrix* de la mer Rouge, la disposition est un peu différente : les vaisseaux génitaux s'étendent jusqu'au premier tiers du bras (pl. VII, fig. 7), les groupes de cæcums sont assez nombreux et échelonnés régulièrement; cette espèce est ainsi un type de passage à la *Luidia*.

La *Luidia ciliaris* présente également des groupes de cæcums s'étendant dans le bras, mais presque jusqu'à l'extrémité ; ils sont serrés les uns contre les autres ; à chaque vertèbre correspond un ou deux groupes. Je renvoie à la figure de Müller et Troschel, qui ont découvert cette disposition. Les orifices génitaux sont placés comme chez l'Astropecten, tout auprès des pièces marginales.

Culcitidæ. — Cette famille dont les appareils ambulacraire et vasculaire présentent beaucoup d'affinités avec ceux des *Astropectinidæ*, a des organes génitaux formés aussi de nombreux groupes placés à côté les uns des autres.

Chez la *Culcita coriacea* (pl. VIII, fig. 18), les vaisseaux génitaux (*v'*) remontent le long des piliers interradiaires en suivant une direction presque verticale ; tout le long de ces vaisseaux sont greffés les organes génitaux, de moins en moins développés à mesure que l'on s'approche de la face supérieure ; les conduits excréteurs (*d'*) présentent une disposition particulière, liée à la grande épaisseur du test ; on sait que la paroi interne du corps est marquée de longues fentes, dans lesquelles se continue la cavité générale, qui vont toujours en se divisant et se rétrécissant, pour finalement aboutir

aux branchies lymphatiques ; on voit se détacher des grappes de cæcums de petits conduits creux qui rampent sur la face interne du test jusqu'à ce qu'ils aient atteint une des fentes que nous venons de décrire ; là ils s'enfoncent verticalement pour arriver jusqu'à la surface externe, où ils s'ouvrent au dehors ; il part ainsi un ou deux de ces conduits pour chaque groupe de cæcums.

Les parois conjonctives du sinus génital renferment beaucoup de spicules calcaires (pl. VIII, fig. 19).

Le *Pentaceros turritus* et le *Gymnasteria carinifera* présentent à peu près la même disposition que la Culcite.

Asterinidæ. — Dans cette famille, les organes génitaux se condensent et ne forment plus qu'une seule grappe de cæcums, assez volumineuse. Par interradius, il y a ainsi deux de ces grappes placées l'une à côté de l'autre (pl. II, fig. 13 ; pl. VIII, fig. 16 et 17, *oy*) ; elles débouchent à la paroi inférieure du corps, chacune par un pore assez grand, chez le *Palmipes*, l'*Asterina Wega* et le *Solaster papposus* ; chez l'*Asterina gibbosa*, ainsi que Ludwig l'a décrit le premier, les organes génitaux débouchent à la face supérieure (pl. II, fig. 11), mais cette particularité, unique dans cette famille, est en rapport avec sa ponte spéciale. Comme M. de Lacaze-Duthiers l'a observé (29), au lieu d'abandonner ses œufs au courant de l'eau, l'*Asterina gibbosa* les dépose sous les pierres qui se trouvent à sa portée ; à la grève de Roscoff, dans le mois de juillet, on trouve assez fréquemment les pontes de cette Astérie ; les œufs, d'un rouge brunâtre, disposés à côté les uns des autres, forment des plaques irrégulières, de peu d'étendue. La disposition des orifices, placés à la face dite ventrale, sur laquelle se meut l'animal, est évidemment liée à cette ponte.

Müller et Troschel ont décrit chez le *Solaster papposus* une plaque criblée (Siebplatte), servant à la sortie des produits génitaux : leur figure est reproduite partout. C'est une erreur, j'ai parfaitement vu les orifices interradiaires, assez larges, et ne présentant aucunement l'apparence d'un crible.

Chez les adultes de grande taille, les organes génitaux, volumineux, sont d'un rouge brun assez vif : nous verrons à quoi tient cette coloration spéciale ; chez les jeunes ou de taille moyenne , les cæcums, beaucoup plus petits, sont blanchâtres ou jaunâtres.

Echinasteridæ et *Linckiadæ*. — Dans chaque bras, vers la base, on trouve deux groupes génitaux, formés d'un amas de cæcums arrondis, qui occupent environ le tiers du bras. Chez l'*Echinaster sepositus*, les ovaires sont d'un rouge brun ; chez la *Cribella oculata*, d'un rouge un peu moins foncé ; les testicules sont d'un blanc jaunâtre.

Les orifices génitaux sont faciles à trouver chez la Cribelle ; ils sont situés tout à fait dans l'angle interradial, à peu près à mi-chemin entre la face supérieure et la face inférieure : les deux orifices sont éloignés de 3^{mm} environ. Ceux de l'*Echinaster sepositus* (pl. VIII, fig. 13) sont cachés au milieu des replis du derme ; pour les bien reconnaître, il faut avoir la chance de tomber sur des échantillons mûrs, dont les produits sortent naturellement : on constate alors que les orifices génitaux sont plus avancés sur les bras que dans l'espèce précédente ; chaque orifice est éloigné de l'angle interradial de 4^{mm} environ.

L'*Ophidiaster Chinensis* (pl. VI, fig. 2) présente cette disposition encore plus accentuée ; les organes génitaux, formés également d'un amas de cæcums arrondis, avec des spicules calcaires, sont fort avancés dans le bras. Dans la figure, on ne les voit pas arrivés à leur entier développement ; ils sont encore fort réduits.

Je rapproche les *Linckiadæ* des *Echinasteridæ* pour plusieurs raisons (appareils ambulacraire et vasculaire, organes génitaux) ; ce qui confirme cette manière de voir, c'est que ces deux familles présentent dans le jeune âge la même disposition des organes génitaux : chez un jeune *Echinaster*, dont l'ovaire vient de se former, on le trouve constitué par deux lobes égaux (pl. VIII, fig. 14), assez nettement séparés ; l'un de ces lobes se développera énormément, c'est celui qui regarde l'extrémité du bras ; l'autre restera

beaucoup plus petit. De même chez l'*Ophidiaster Chinensis*, des deux lobes qui composent le jeune organe génital (pl. VIII, fig. 15), l'externe prendra un développement beaucoup plus considérable que l'autre. Cette phase transitoire des organes génitaux est peut-être fixée chez d'autres espèces ; c'est aux études ultérieures de le décider.

Asteriadæ. — La disposition générale des organes génitaux est connue depuis longtemps ; les figures qui les représentent sont classiques. La couleur des ovaires varie du rose clair à un beau rouge (*Ast. glacialis*, var. naine de Banyuls).

On peut remarquer une grande irrégularité dans le développement de ces organes ; parfois chez des individus de belle taille, R = 22 à 28^{cm}, on trouve des testicules ou des ovaires de 2, 3 et 4^{cm}, tandis que, chez des individus de taille moyenne, ils rempliront complètement la cavité du bras ; ces variations sont probablement liées à des différences de nutrition.

La question des orifices a été assez controversée : Müller et Troschel les ont décrits les premiers comme des plaques criblées (Siebplatte), par les pores desquelles sortiraient les produits génitaux. On n'est pas habitué à voir des organes génitaux déboucher à l'extérieur par des plaques criblées ; ce fait est jusqu'ici particulier aux *Asterias* et trouve facilement son explication quand on étudie le développement. Chez les Oursins, il existe des orifices que je qualifierai de morphologiques, c'est-à-dire percés dans des plaques calcaires, parfaitement déterminées et constantes (génitales ou costales) ; il n'en est pas de même chez les Astéries : il n'y a pas de plaques génitales, au sens strict du mot ; les organes génitaux débouchent au dehors dans des points très différents, même chez des espèces voisines. On trouve bien dans les Étoiles des plaques homologues aux génitales ou costales de l'Oursin ; mais chez aucune des espèces connues, elles ne sont perforées par les orifices génitaux ; *toujours*, ceux-ci se constituent à la place d'une branchie lymphatique. On sait que les pièces calcaires du test,

ce que Lóven appelle le tissu périsomatique, limitent de place en place des espaces membraneux, qui sont occupés par des branchies lymphatiques. L'organe génital profite de ces intervalles pour y pratiquer son orifice, de sorte que celui-ci affecte une disposition identique à celle des pores lymphatiques dont il occupe l'emplacement. Ainsi chez les *Astropectinidæ*, *Culcitidæ*, *Asterinidæ*, *Echinasteridæ*, par chaque espace membraneux sort une seule branchie lymphatique (du moins dans la région où se trouvent les organes génitaux): aussi l'orifice sexuel est simple et unique. Chez les *Asteriadæ*, chaque espace membraneux est divisé en plusieurs parties par de fortes brides conjonctives, et un nombre variable de branchies correspond à chaque intervalle périsomatique: aussi les orifices génitaux sont-ils multiples; on voit qu'il ne faut pas parler de plaque criblée. La fig. 12, pl. VIII, montre clairement que l'organe génital d'*Asterias glacialis* débouche dans un intervalle membraneux, en tout semblable à ceux qui suivent, occupés par des branchies lymphatiques (*br*). La Culcite (pl. VIII, fig. 18) est une preuve convaincante de la vérité de mon opinion. Se basant sur ce que je viens de dire, on peut voir *a priori* que le *Solaster papposus* (pl. VIII, fig. 16) ne peut pas posséder de pores multiples (plaques criblées de Müller et Troschel) pour chaque organe génital, puisque les orifices lymphatiques sont simples dans cette région.

Chez l'*Asterias glacialis*, c'est toujours dans le deuxième intervalle périsomatique du bras que l'on trouve les orifices génitaux ; ils sont en nombre très variable, de 3 à 9, pour chaque groupe (pl. VIII, fig. 11, *d*). Quand on les a vus sur une Astérie dont les produits sexuels sortent naturellement, on peut facilement les retrouver sur le vivant : on constate alors que ce sont de petits tubercules blancs, percés au centre d'un orifice ; ils sont surtout apparents dans les moments de maturité sexuelle.

On a attribué au frai des Astéries des propriétés vénéneuses qu'il est loin de posséder; je crois que les accidents qu'il a pu

causer doivent être attribués au mucus vénéneux que l'Astérie sécrète pour sa défense, et dont s'imprègnent les organes génitaux. D'après le docteur Ozenne (*), ce frai appliqué sur la peau, dénudée ou non, y détermine du gonflement avec sensation vive de brûlure, engourdissement et rougeur érythémateuse. J'ai répété souvent cette expérience, et jamais je n'ai constaté le moindre des accidents précités.

Evolution des éléments sexuels. Spermatozoïdes. — Il nous reste à examiner la formation des produits génitaux ; pour bien l'étudier, on fixe au carmin osmiqué pendant 24 heures, et on dilacère après un temps égal passé dans l'eau distillée.

Nous avons vu que les glandes sexuelles se formaient aux dépens du cordon génital, prolongement direct de la glande ovoïde. Dans le jeune âge, ovaires et testicules sont identiques ; les cæcums sont remplis de cellules, le plus souvent pigmentées ; elles présentent un gros noyau nucléolé, un protoplasma très granuleux renfermant quelques granules d'un jaune très pâle (forme jeune du pigment respiratoire hémoxanthine). J'ai vu chez des *Astropecten spinulosus* (pl. VII, fig. 11), les cellules contenir beaucoup de pigment noirâtre (comme la glande ovoïde de cette même espèce). Enfin, si l'on examine dans l'eau de mer le contenu d'un jeune cæcum, à un fort grossissement, on voit parfois les cellules devenir amæboïdes : l'identité est donc complète avec les cellules lymphatiques typiques.

La différenciation des éléments commence très vite : chez l'*Asterias glacialis*, des organes de $2^{cm}2$ à 4^{cm} renferment déjà des produits mûrs. Supposons que l'organe qui va se former soit un testicule ; il y a deux types à distinguer : l'un réservé aux *Astropecten*, l'autre qui comprend toutes les autres familles. Chez les *Astropecten* (pl. VII, fig. 14), au centre du cæcum génital se creuse une cavité, qui est entourée par une épaisse couche de cellules (*l*) ; il

(*) *Essai sur les Mollusques considérés comme poisons.* Thèse de Paris, 1858.

n'y a que celles qui bordent la cavité qui vont donner des spermatozoïdes, les autres restent à peu près inutiles pendant toute la vie de l'animal ; de sorte que si l'on fait une coupe transversale vers le milieu de la longueur du cæcum, on voit d'abord la paroi interne du sinus génital, puis une couche épaisse de cellules, et enfin les spermatoblastes, limitant une cavité dans laquelle se déversent leurs produits. Dans les autres familles, on voit les cellules pariétales, celles qui sont appliquées contre la paroi du sinus génital, se développer un peu plus que les autres et s'aligner régulièrement ; toutes celles qui restent au centre de l'organe, sauf celles qui se dissoudront et serviront de nourriture aux spermatoblastes pariétaux, sont perdues pour l'animal, car elles seront expulsées au dehors avec le sperme. On voit que, d'une façon comme de l'autre, il n'y a qu'un petit nombre des cellules primitives qui soit utilisé.

La cellule primordiale (spermatospore de Sabatier) contient un gros noyau nucléolé (pl. IX, fig. 1) ; celui-ci s'allonge sensiblement, le nucléole se divise en deux, le noyau le suit bientôt ; la cellule contient à ce moment deux noyaux munis chacun d'un nucléole : la segmentation continue ainsi, trois, quatre, etc. Quand ils commencent à être assez nombreux, dessinant de légères saillies à la surface de la cellule, ils s'alignent sur deux, trois ou quatre rangs (pl. IX, fig. 2) : on a alors un amas de noyaux nucléolés, tous renfermés dans une même masse protoplasmique ; c'est la morula spermatique ou spermosphère (polyblaste de Bloomfield et de Sabatier) ; le développement marche de bas en haut, de sorte que les noyaux les plus terminaux sont aussi les plus avancés ; on peut suivre tout le développement du spermatoblaste sur une même spermosphère. Les noyaux font de plus en plus hernie à la surface de la cellule, et finissent par n'être plus reliés à la partie centrale que par un pédicule qui va toujours en se rétrécissant. La morula spermatique a alors la forme d'une grappe (fig. 2), dont la tige est formée par un rachis protoplasmique et les grains par des noyaux entourés d'une mince zone claire de protoplasma (ce sont les spermatoblastes). La

queue du spermatozoïde commence à se former, c'est une masse conique de protoplasma (fig. 3), qui s'allonge de plus en plus en s'amincissant ; le nucléole émigre alors à la périphérie du noyau. La morula spermatique est constituée peu après par un amas de spermatozoïdes bien formés, suspendus par un mince pédicule au rachis cellulaire ; la rupture du pédicule, commençant d'abord pour les spermatozoïdes terminaux, marque la mise en liberté du produit fécondateur, qui tombe dans l'intérieur du testicule. Nous avons vu que les spermatoblastes se disposaient en rangées ; les noyaux initiaux de ces rangées ne se sont pas développés en spermatozoïdes, et restent seuls, de sorte que lorsque le spermatoblaste a accompli sa fonction, on trouve à sa place, collés contre la paroi conjonctive du testicule, deux ou trois noyaux qui ne se sont pas transformés ; ce sont eux qui seront le point de départ des nouvelles générations de spermatozoïdes ; ils correspondent ainsi au blastophore spermatique de Bloomfield (protoblastophore de Sabatier).

Le spermatozoïde n'a pas fini son évolution, lorsqu'il est sorti de la cellule-mère ; nous avons vu que la tête comprend deux parties, le noyau primitif et un petit grain réfringent, placé sur le bord du noyau non loin de la naissance de la queue, qui n'est autre que le nucléole (pl. IX, fig. 5). Quand on examine des spermatozoïdes vivants, on voit le nucléole (*z*) faire hernie de plus en plus sur le bord du noyau, se pédiculiser, puis s'échapper dans le liquide ambiant ; la tête du spermatozoïde est ainsi réduite au noyau. Chez la *Cribella oculata* (fig. 7), le nucléole est fort gros, très réfringent ; je ne crois pas que chez cette espèce le nucléole quitte la tête du zoosperme. J'ai constaté le départ du nucléole chez toutes les espèces vivantes d'Astéries que j'ai étudiées ; de même chez les Ophiures, qui présentent exactement le même mode de développement des spermatoblastes et spermatozoïdes.

Quand on examine du sperme vivant, à un très fort grossissement, outre les spermatozoïdes, les uns encore pourvus du nucléole, les autres réduits à leur noyau, on remarque dans le liquide de

petits corpuscules réfringents, qui sont évidemment les nucléoles expulsés, et des cellules, très nombreuses chez les jeunes, beaucoup moins chez les adultes (fig. 9), les unes trouées de vacuoles, les autres chargées de pigment (*j*) : ce sont les cellules primordiales non utilisées dans le développement. Elles deviennent rarement amæboïdes ; je n'en ai vu de telles qu'une seule fois (fig. 8) dans le sperme que venait de rejeter un *Echinaster sepositus*.

Chez presque toutes les Astéries, la tête du zoosperme (de 1 à 3 μ) est arrondie ; chez l'*Asterina gibbosa* elle est le plus souvent triangulaire. Chez la *Cribella oculata*, le deuxième segment ou nucléole si développé, lui donne une apparence singulière. La queue est toujours fort longue (jusqu'à 52 μ) ; malgré le plus fort grossissement (1450 fois), je n'ai pu parvenir à voir la dualité de la queue, telle qu'Olaf Jensen, Leydig et Lavalett Saint-Georges l'ont décrit chez divers Vertébrés, Articulés, Mollusques et Vers.

Le mode de développement que nous venons de décrire, commun aux Astéries et aux Ophiures, est localisé jusqu'ici aux animaux inférieurs : un noyau primitif se segmente en de nombreux noyaux-fils, dont chacun devient un seul spermatozoïde. Chez une Eponge, l'*Halisarca* (Schulze) et la plupart des Hydraires, on a constaté un développement analogue. Chez les animaux plus supérieurs (Annélides, Némertiens), le noyau-fils se segmente lui-même en un certain nombre de noyaux-petits-fils, dont chacun devient un spermatozoïde : il y a une génération de plus.

Œufs. — Si nous faisons une coupe mince de l'ovaire, alors qu'il est uniquement rempli de cellules primordiales, nous verrons que ces cellules (pl. VII, fig. 11) sont comprises dans un fin réseau conjonctif, formé de fibres entrelacées, se reliant à l'épaisse couche conjonctive qui supporte l'épithélium du sinus sanguin ; ces fibres conjonctives jouent un grand rôle dans la formation du vitellus. On retrouve aussi ce réseau conjonctif dans les testicules ; soit qu'il se résorbe, soit que le mouvement des spermatozoïdes

le brise, on n'en retrouve plus que des traces dans les testicules adultes.

Quelques cellules, surtout les pariétales, augmentent rapidement de volume, ce sont les futurs œufs : le noyau devient naturellement la vésicule germinative, le nucléole la tache germinative ou de Wagner ; le protoplasma perd tout son pigment et se charge peu à peu de granulations vitellines, d'une teinte rosée très claire. Dans les œufs parfaitement mûrs (pl. IX, fig. 10), on remarque en outre une zone claire qui entoure l'œuf : c'est la zona radiata ou oolemme pellucide, sorte de membrane vitelline sécrétée par l'œuf. A mesure que l'œuf se développe, il refoule devant lui le réseau conjonctif, qui s'applique étroitement à sa surface ; les cellules primordiales non transformées se placent également sur les fibres conjonctives, de sorte que, lorsqu'on pratique des coupes d'ovaires, on voit sur les œufs des noyaux disposés irrégulièrement ; c'est ce qui a fait croire à MM. Fol et Hamann que les œufs d'Astéries étaient enveloppés d'un épithélium folliculaire ; il n'en est rien.

Le nucléole est une vésicule réfringente, formée de protoplasma très condensé (pl. IX, fig. 14) ; il contient souvent des vacuoles (*Astropecten aurantiacus*), remplies de liquide cellulaire d'un violet mauve très pâle. Parfois on voit se dessiner à l'intérieur un autre nucléole qui lui est exactement concentrique (*Palmipes*). Chez l'*Echinaster sepositus* seulement, le nucléole ne répond pas à cette description ; très difficile à voir (pl. IX, fig. 15), il est formé d'une masse irrégulière de protoplasma, à peine distincte de la vésicule germinative.

La vésicule germinative, grande, toujours transparente, ne renferme que de rares vacuoles (pl. IX, fig. 11, *va*), le plus souvent elle est homogène. Il n'y a que chez l'*Asterias glacialis* (pl. IX, fig. 10) que j'ai vu le réseau protoplasmique si net dans les œufs d'Oursins ; il n'apparaît aucunement chez les autres espèces.

Le protoplasma de l'œuf présente dans toutes les familles, sauf celles des *Echinasteridæ* et des *Asterinidæ*, un vitellus rose très clair,

transparent, formé de vésicules extrêmement petites, ce qui donne à l'œuf mûr un pointillé assez fin ; la transparence de ce vitellus a permis à M. Fol de faire ses belles recherches sur la fécondation. Mais, dans les deux familles précitées, l'œuf a un vitellus supplémentaire ; ce vitellus chemine, comme l'autre, sur le réseau conjonctif (pl. IX, fig. 13) où on le voit apparaître sous forme de vésicules jaunes ou brun clair, très réfringentes, ressemblant à des gouttelettes de graisse ; comme le réseau conjonctif est appliqué intimement à la surface de l'œuf, le vitellus jaune se trouve en contact immédiat avec ce dernier, et pénètre à son intérieur je ne sais par quel processus ; toujours est-il que chez l'*Echinaster sepositus* (pl. IX, fig. 15), on voit apparaître un amas de fines granulations brunes d'un côté de la vésicule germinative ; puis il se forme un autre amas du côté opposé ; l'arrivée du vitellus continuant, ces deux parties se rejoignent, l'œuf se remplit de granulations brunes, si bien qu'à l'état de maturité, il est absolument opaque, on ne voit même plus la vésicule germinative. Chez les *Asterinidæ*, le vitellus jaune se dépose uniformément dans l'œuf, jusqu'à ce que celui-ci soit complètement opaque (pl. IX, fig. 20). Ce vitellus supplémentaire donne la coloration particulière des œufs et des ovaires de la *Cribella*, de l'*Echinaster*, de l'*Asterina*, du *Palmipes* et du *Solaster*. Il y a une relation entre cette particularité et le développement de la larve ; M. de Lacaze-Duthiers a montré que chez l'*Asterina gibbosa* (*Asteriscus verruculatus*, M. et Tr.) il n'y avait pas la forme larvaire et pélasgique Bipinnaria ; l'embryon est simple, reste au point où il est né, et se développe rapidement en Etoile ; en un mot, il y a développement direct, sans forme larvaire ; M. Sars a fait la même observation sur la *Cribella oculata* (*Cribella sanguinolenta*) ; on pourrait en conclure *a priori* que chez toutes les Astéries à vitellus double il y a développement direct ; il serait curieux de voir si l'embryogénie confirmera cette hypothèse.

Quant à la zona radiata, elle ne mérite vraiment son nom que chez l'*Asterias glacialis*, où elle montre des stries radiaires (pl. IX,

fig. 10), surtout apparentes à la circonférence de l'œuf ; chez les autres espèces, elle est parfaitement homogène et dépourvue de stries. Elle n'est sécrétée que lorsque l'œuf est parfaitement mûr, prêt à être pondu. Dans une ponte d'*Ast. glacialis*, j'ai vu plusieurs œufs collés ensemble par cette sorte de membrane vitelline (pl. IX, fig. 11).

Dans la cavité de l'ovaire, on trouve très souvent des cellules amæboïdes (pl. IX, fig. 10, *l*), les unes excessivement vacuolaires, les autres présentant l'aspect ordinaire et chargées de pigment : ce sont les cellules primordiales, non transformées en œufs, qui ont poursuivi leur évolution en corpuscules sanguins ; on n'a pas oublié qu'elles dérivent de la glande ovoïde, qui est la glande lymphatique par excellence ; cette transformation me semble une des meilleures preuves pour convaincre des rapports de la glande ovoïde avec les organes génitaux. Chez les Astérides, l'œuf est homologue du corpuscule sanguin.

Comment s'opère le renouvellement des œufs ? Dans un ovaire mûr et adulte, on ne rencontre presque pas d'œufs jeunes ; la plupart sont mûrs et prêts à être expulsés au dehors ; mais il reste, collées contre la paroi et les tractus qui traversent l'ovaire (pl. IX, fig. 12), un certain nombre de cellules primordiales, non transformées, qui se multiplient activement, et qui seront le point de départ d'une nouvelle génération d'œufs.

Hermaphroditisme. — L'hermaphroditisme est assez rare chez les Echinodermes, où il n'est signalé presque que comme exception. Je l'ai constaté avec certitude chez l'*Asterina gibbosa* ; d'après les figures de Ludwig, il est possible qu'il en soit de même chez l'*Asterina pentagona*, mais je n'ai pu étudier cette espèce ; enfin j'ai eu entre les mains trop peu d'échantillons de *Palmipes* et de *Solaster* pour pouvoir affirmer chez eux l'hermaphroditisme.

Les moments les plus favorables pour étudier l'*Asterina gibbosa* sont les mois de mai, juin, juillet ; on trouve alors, à la grève de Roscoff, des individus de toutes les tailles et à maturité sexuelle. Chez

les plus jeunes (pl. IX, fig. 16), où les organes génitaux mesurent à peine quelques milimètres, ceux-ci sont remplis de spermatozoïdes mûrs ; les œufs commencent à se développer, on en voit quelques-uns, très petits, collés contre la paroi conjonctive.

Chez les individus de taille moyenne, l'organe génital, d'un blanc jaunâtre, renferme de même de nombreux spermatozoïdes mûrs (pl. IX, fig. 17 et 18) ; les œufs sont nombreux et assez développés, mais le vitellus jaune n'a pas encore fait son apparition.

Enfin les adultes de grande taille (pl. IX, fig. 19) sont absolument femelles ; on ne trouve plus trace de spermatozoïdes ; les œufs développés occupent seuls la cavité de l'organe ; ils sont parfaitement mûrs, chargés de vitellus opaque, et prêts à être fécondés. On trouve, en même temps que ces œufs, quelques cellules primordiales ; les tractus conjonctifs sont chargés de vitellus jaune inutilisé.

La fécondation a lieu ; ce sont les jeunes ou moyens, à spermatozoïdes mûrs, qui remplissent le rôle de mâles, les adultes étant réellement femelles. Quand la ponte a eu lieu (juin), les adultes reforment à nouveau des œufs ; les individus de taille moyenne mènent leurs œufs à maturité et prennent l'apparence de femelles ; enfin les très jeunes reforment encore des cellules spermatiques. Ainsi, les adultes de grande taille sont toujours femelles ; les jeunes, jusqu'à une limite impossible à fixer, produisent des spermatozoïdes ; à mesure qu'ils avancent en âge, les œufs qu'ils produisent en même temps grandissent et se développent ; à un certain âge, après une ponte, il ne se reforme plus de cellules spermatiques, les œufs commencent alors à se charger de vitellus jaune. J'ai constaté le même cycle à Banyuls, dans l'hiver 86-87 ; les adultes, dont R = 16 à 26^{mm}, étant femelles, les jeunes, jusqu'à R = 12^{mm}, présentaient des cellules spermatiques et des œufs en voie de développement.

J'ai vu une seule fois à Roscoff, une *Asterias glacialis* hermaphrodite ; parfaitement normale sous les autres rapports, elle pré-

sentait des organes génitaux bien développés, contenant en même temps des œufs mûrs et des spermatozoïdes vivants. C'est évidemment un cas de monstruosité.

Reproduction asexuée.

Les Astérides présentent deux modes différents de reproduction asexuée : dans le premier, l'Astérie se coupe en deux parties à peu près égales; chacune de ces moitiés bourgeonne ce qui lui manque, et deux Astéries sont ainsi constituées. Dans le second, un bras se détache et bourgeonne à lui seul tout le reste de l'Astérie pendant que l'animal-mère remplace le bras qui vient ainsi de tomber.

Je vais prendre comme exemple du premier mode de division l'*Asterina Wega*, Ed. Per. (pl. IX, fig. 21 et 23),de la mer Rouge. C'est une petite Asterina, présentant le plus souvent sept bras ; une seule plaque madréporique se trouve dans un intervalle interbrachial. A un certain moment il se dessine dans deux interradius une ligne de rupture, de telle façon que d'un côté on ait trois bras avec la plaque madréporique et la moitié de la bouche, de l'autre quatre bras et l'autre moitié ; le tube digestif et les organes génitaux sont répartis également de part et d'autre. Les deux parties ainsi délimitées se séparent brusquement. Etudions, par exemple, la moitié à trois bras (pl. IX, fig. 21 et 22) ; nous voyons que ceux-ci se rapprochent, de façon à rétrécir la blessure, qui est immédiatement fermée par un tissu cicatriciel. Bientôt quatre bras nouveaux bourgeonnent dans cet espace libre. Dans l'individu figuré fig. 21, ils n'ont pas plus d'un millimètre ; ce ne sont que de petits mamelons calcaires à peine séparés les uns des autres ; les écailles qui les couvrent sont très fines et fort petites ; il y a déjà un certain nombre d'ambulacres bien formés, avec ventouse, mais ils ne se correspondent pas exactement ; l'égalisation se fera probablement avec les progrès de l'âge ; à l'extrémité on voit le tentacule impair formé par l'allongement du vaisseau ambulacraire

radial ; les derniers ambulacres formés, les plus éloignés de la bouche, par conséquent, n'ont pas encore de ventouse ; ils sont simplement arrondis à l'extrémité. Le sinus radial est large et bien formé ; à la base du bras, il a presque ses dimensions définitives ; les rubans nerveux se continuent avec l'anneau nerveux des trois grands bras. Le développement se poursuit ainsi rapidement jusqu'à presque complète égalité des bras anciens et des bras nouveaux ; à ce moment le même phénomène se représente, de sorte que l'on ne trouve jamais des *Asterina Wega* parfaitement régulières. Souvent, au lieu de trois bras, il en bourgeonne plus ou moins : l'on a ainsi des échantillons à 8 ou à 6 bras, mais le nombre normal est 7.

Ce mode de division, que j'appellerai volontiers *médiane*, n'est pas propre à l'*Asterina Wega* ; d'après les recherches de Lutken, les *Asterias tenuispinus* (Lmk), *acutispina* (Stimpson), *macrodiscus* (Stimpson), *calamaria* (*Ast. muricata*, Verr.), *atlantica* (Verr.), le *Stichaster albulus* (*Ast. problema*, Steenstrup), appartenant tous à la famille des *Asteriadæ*, présentent la division médiane ; Kowalewsky l'a même vu s'opérer sous ses yeux chez une espèce méditerranéenne, l'*Asterias tenuispinus*, qui a de 6 à 8 bras irréguliers ; un échantillon de 7 bras se divise en deux moitiés, l'une de 3, l'autre de 4 ; les types à 6 bras présentent deux moitiés de 3 bras. Malheureusement nous manquons absolument de détails sur le plus grand nombre des espèces précédentes ; le fait n'est absolument authentique que pour les *Asterias tenuispinus* et *calamaria*. Enfin chez les Ophiures, Simroth a montré que l'*Ophiactis virens* se divisait également en deux parties égales.

Le second mode de reproduction asexuée, ou *division radiale*, est bien mieux connu ; la division radiale aboutit à la forme en comète, elle paraît localisée jusqu'ici aux *Linckiadæ*. Une Linckia adulte et complète présente un nombre variable de bras ; mettons cinq pour fixer les idées ; les bras s'isolent par une ligne de rupture circulaire et quittent le disque ; celui-ci reste donc avec ses plaques madré-

poriques et les moignons des cinq bras tombés ; il reproduit ceux-ci peu à peu par un simple phénomène de rédintégration. Chaque bras tombé, à son tour, bourgeonne sur son extrémité cicatrisée quatre ou cinq petits mamelons : c'est le rudiment de la Linckia ; il se forme une bouche, un disque se dessine, les bras s'allongent, et on a bientôt une petite Astérie bourgeonnée par le grand bras primitif : c'est la forme en comète. Il se forme de nouvelles plaques madréporiques sur ces jeunes bras, et la Linckia est ainsi entièrement constituée, prête à recommencer le même cycle. Bien que ce mode de reproduction soit connu depuis longtemps, nous manquons absolument de détails sur la formation des jeunes bras et du nouveau disque. Je renvoie aux figures d'Hæckel (18) pour la disposition des madréporites chez les diverses espèces de *Linckia*. On a constaté avec certitude ce mode de développement chez la *Linckia multiforis* (von Martens), la *Linckia Guildingii* (*Ophidiaster ornithopus*, M. et Tr.), la *Linckia diplax*, la *Linckia Ehrenbergii* (*Ophidiaster Ehrenbergii*). Chez ces espèces seulement il est constant et normal. On cite également des formes en comète chez la *Mithrodia clavigera* (M. Perrier, 46), chez le *Brisinga coronata*, d'ap. Sars, chez le *Labidiaster radiosus*, d'ap. Studer (famille des *Asteriadæ*) et même chez l'*Asterias glacialis*, d'ap. Schleiden (*). Le fait m'étonne particulièrement chez cette dernière ; j'ai vu, tant à Banyuls qu'à Roscoff, un grand nombre d'*Asterias glacialis*, et jamais la moindre forme en comète ; l'assertion de M. Perrier (Colonies Animales, Paris, 1881), qui prétend qu'un bras isolé d'*Ast. glacialis* peut reproduire le reste de l'animal, me paraît également hasardée ; les bras isolés vivent pendant un temps fort long, jusqu'à un mois; mais jamais je ne leur ai vu montrer la moindre apparence de reproduction. Je ne sache pas que personne, à part Schleiden, ait jamais vu une forme en comète chez les *Asterias rubens* ou *glacialis*. Quoi qu'il en soit, ce sont des accidents de rédintégration, qui ne méritent pas le nom de reproduction asexuée.

(*) Das Meer, Berlin, 1874, pag. 353, fig. 113.

Classification.

Pour avoir une classification naturelle d'une famille aussi bien délimitée que celle des Astérides, il faut faire intervenir tous les caractères variables ; il n'y en a aucun de parfait, qui puisse servir à l'exclusion des autres. Les classifications actuelles, celles de MM. Viguier et Perrier, basées exclusivement sur l'étude du squelette et de quelques caractères extérieurs, approchent certainement de la vérité ; mais lorsqu'on connaîtra l'anatomie d'un grand nombre d'Astérides, elles éprouveront probablement des changements notables. A mon avis, les grandes coupes que l'on a établies chez ces animaux ne sont nullement justifiées par l'anatomie ; MM. Viguier et Perrier adoptent deux grandes divisions ; d'un côté, les Astéries à deux rangées d'ambulacres et à bouche ambulacraire (voir le mémoire de M. Viguier pour l'explication de ce terme, 67), de l'autre, les Astéries à quatre rangées d'ambulacres et à bouche ambulacraire. La différence entre ces deux sortes de bouches n'est ni si profonde ni si importante que M. Viguier semble le croire ; quand on étudie les animaux recouverts de leurs parties molles, on voit que cette disposition n'a aucune influence sur l'organisme ; d'autre part, il y a certainement beaucoup plus de ressemblance entre un Echinaster et un Asterias, qu'entre un Echinaster et une Culcite ; enfin il y a des types de passage entre les Astéries à quatre et à deux rangées d'ambulacres ; cette grande coupe n'est donc pas naturelle. De même la division fondée sur la présence ou l'absence de l'anus n'a aucune valeur : les *Culcitidæ*, qui ont un anus, ont beaucoup plus de ressemblance avec les *Astropectinidæ*, qui en sont dépourvus, qu'avec les familles précédentes.

Voici la liste des espèces que j'ai étudiées, classées suivant leurs affinités :

Asteriadæ. . . .	Asterias glacialis.	Roscoff, Banyuls.
	— rubens.	Côtes de Normandie.
	— —	Très rare à Roscoff.

Echinasteridæ.	Cribella oculata.	Roscoff.
	Echinaster sepositus.	Roscoff, Banyuls.
Linckiadæ.	Ophidiaster Chinensis.	Mer Rouge (Obock).
Asterinidæ.	Solaster papposus.	Roscoff.
	Asterina gibbosa.	Roscoff, Banyuls.
	— Wega.	Mer Rouge (Aden).
	Palmipes membranaceus.	Roscoff, Banyuls.
Culcitidæ.	Culcita coriacea.	Mer Rouge (Gubbet Kharab).
	Pentaceros turritus.	— (Obock).
	Gymnasteria carinifera.	— (Obock).
Astropectinidæ.	Astropecten aurantiacus.	Banyuls.
	— spinulosus.	Banyuls.
	— squamatus.	Banyuls.
	— platyacanthus.	Banyuls.
	— hystrix.	Mer Rouge (Obock).
	Luidia ciliaris.	Roscoff, Banyuls.

(Pour les noms des espèces, je me suis arrêté à ceux que M. Perrier a fixés dans sa Révision des Stellérides du Muséum ; il faudra donc se reporter à cet ouvrage pour la synonymie.)

Bien entendu, le tableau précédent n'a rien d'absolu ; la classification ne pourra être considérée comme définitive que lorsqu'on connaîtra l'anatomie des différents types ; mais la liste de ces quelques espèces exprime parfaitement les liens qui les relient. Les *Asteriadæ* forment la famille la plus élevée en organisation, sous beaucoup de rapports ; entre cette dernière et les *Echinasteridæ*, il y a une lacune que je n'ai pu combler : évidemment ces deux familles se ressemblent (organes génitaux, appareil ambulacraire), mais elles sont mal reliées l'une à l'autre. On a vu pourquoi j'ai rapproché les *Linckiadæ* des *Echinasteridæ* (org. génitaux, appareil ambulacraire) ; mais Muller et Troschel ont signalé chez la *Linckia miliaris* et Ludwig chez l'*Echinaster fallax* des organes génitaux multiples ; si cela est vrai, ce sont peut-être des types de passage, il faudrait voir les autres caractères pour savoir où placer ces espèces.

Les *Asterinidæ* forment le passage le plus naturel et le plus complet entre les *Echinasteridæ* et les familles qui suivent ; elles présentent les organes génitaux et le tube digestif des premiers avec l'appareil ambulacraire et vasculaire des seconds. On a vu que

j'ai rangé le *Solaster papposus* à côté des *Asterina* ; en effet, cette espèce n'appartient aucunement aux *Echinasteridæ* par ses caractères anatomiques, bien qu'elle présente un squelette rappelant celui de cette dernière famille (Viguier, Perrier, Muller et Troschel, etc.) ; le *Solaster* montre admirablement le peu de valeur d'un caractère isolé et la confiance très limitée qu'on peut accorder au squelette pour classer les Astérides.

Les *Culcitidæ* présentent encore quelques caractères des *Asterinidæ*, mais surtout une grande affinité avec les *Astropectinidæ* (appareils ambulacraire et vasculaire, organes génitaux).

Enfin les *Astropectinidæ* présentent des caractères anatomiques un peu différents pour chaque genre, mais parfaitement reliés les uns aux autres. La *Luidia ciliaris* paraît être le type le plus inférieur des Astérides, tandis que l'*Asterias glacialis* en est le type le plus supérieur.

Aucun caractère, employé seul, ne peut donner une classification naturelle ; pour le squelette, le *Solaster papposus* en est une preuve convaincante ; quant aux pédicellaires, non seulement ils ne sont pas caractéristiques des genres ou des familles, mais je crois même qu'ils sont variables dans les individus d'une même espèce, provenant de localités différentes (voir le chapitre des pédicellaires). Les caractères qui me paraissent les plus constants sont ceux tirés de l'appareil ambulacraire et des organes génitaux, pourvu que l'on examine les divers changements de ces organes dans la famille que l'on considère.

J'ai cru devoir conserver jusqu'ici les deux genres *Cribella* et *Echinaster*, bien que leur anatomie permette de les réunir en un seul ; il y a certainement moins de différence entre ces deux genres qu'entre un *Astropecten aurantiacus* et un *Astropecten platyacanthus* ou *hystrix* ; mais des études ultérieures sont nécessaires pour décider si les caractères de l'*Echinaster* (glandes dermiques, cercle aboral sanguin) sont communs à toutes les espèces de ce genre ou au contraire s'ils ne sont qu'accidentels, auquel cas

on devrait réunir en un seul genre l'*Echinaster* et la *Cribella*.

Distribution géographique. — On voit, par le tableau précédent, combien le genre *Astropecten* est bien représenté à Banyuls ; on y trouve en outre les *Astropecten subinermis, pentacanthus* et *bispinosus*; mais je n'ai pas eu entre les mains ces espèces vivantes.

Les spicules présentent une élection bien singulière et dont les causes sont absolument obscures : ainsi aucune des espèces que j'ai étudiées, de la Méditerranée ou de l'Océan, ne présente de calcaire dans ses organes internes ; dans la mer Rouge, les *Linckiadæ* et les *Culcitidæ* en sont véritablement bourrés (tube digestif, organes génitaux), surtout cette dernière famille où on trouve des spicules jusque dans les vésicules ambulacraires et les vésicules de Poli. L'*Asterina Wega* et l'*Astropecten hystrix*, appartenant à des familles différentes, mais vivant dans les mêmes endroits, en sont absolument dépourvus.

Remarques générales. — On a souvent cherché chez les Astérides des types de passage aux Oursins, aux Ophiures ou aux Crinoïdes : on a rapproché la Culcite et l'Asterina des Oursins en raison de leur forme pentagonale ou globuleuse : le Palmipes, dont es oras ne renferment ni glandes génitales, ni cœcums radiaux, a été rapproché des Ophiures, ainsi que la Luidia et le Brisinga, en raison de la longueur et de la fragilité de leurs bras ; M. Perrier a rapproché des Crinoïdes le Caulaster, voisin des Ctenodiscus et des Astropecten. Ces comparaisons reposent seulement sur des apparences ; tous ces types présentent franchement les caractères des Astérides sans le moindre passage aux groupes voisins ; M. Viguier a montré également que le Brisinga n'avait nullement un squelette d'Ophiure. Je suis loin de nier qu'il y ait des relations entre les diverses classes d'Echinodermes, mais je crois que les types qui les établissaient ont disparu de la nature actuelle.

Enfin, rien dans les divers caractères anatomiques ne vient à l'appui de la théorie de M. Perrier, qui voit dans l'Astérie ordinaire une colonie de six individus : un central nourricier, et cinq

reproducteurs disposés sur des lignes rayonnantes. Où sont donc les individus reproducteurs dans une Culcite, un Palmipes, une Asterina ou une Ophiure ? Les bras ne sont que des élargissements du disque, dans lesquels se dirigent tous les organes qui n'ont pu trouver place dans celui-ci, les cœcums radiaux, les organes génitaux, etc. ; ce ne sont nullement des appendices, comme on le dit trop souvent, mais bien des parties latérales du disque, considérablement développées ; il n'y a rien d'étonnant qu'en cette qualité, ils puissent reproduire, chez certaines Astéries, tout le reste de l'animal. La valeur morphologique des bras n'est pas bien fixée, je le sais ; il est assez étonnant de voir dans la même famille des Asterina à cinq bras et des Solaster à quatorze ; de même, la variation du nombre des bras chez une même espèce n'est pas expliquée du tout ; chez les espèces à cinq bras, les échantillons qui en présentent six *entiers,* allant jusqu'à la bouche, ont toujours deux canaux du sable et deux plaques madréporiques (*Asterias glacialis, Asterina gibbosa*) ; tous les organes suivent le même mouvement, il y a douze organes génitaux, douze cœcums radiaux, etc. La raison morphologique de toutes ces variations m'échappe complètement ; peut-être la trouvera-t-on en étudiant le développement des Astéries à nombreux bras, telles que le Solaster.

Voilà ma tâche terminée. J'ai cherché à exposer le plus complètement possible l'anatomie des Astérides, tant jeunes qu'adultes. J'aurais bien voulu y joindre une étude embryogénique, mais des circonstances indépendantes de ma volonté s'y sont opposées ; j'espère plus tard combler cette lacune, car surtout au point de vue de l'organogénie, il y a à faire chez les Echinodermes bien des recherches nouvelles et du plus haut intérêt.

Vu et approuvé :
Paris, le 15 mai 1887.
LE DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES,
E. HEBERT.

Vu et permis d'imprimer :
LE VICE-RECTEUR DE L'ACADÉMIE DE PARIS.
Paris, le 16 mai 1887.
GRÉARD.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE I.

Appendices du test.

Fig. 1. — Pédicellaire croisé d'*Asterias glacialis*, gr. 100 fois; *a* et *a'*, muscles adducteurs; *b*, muscle abducteur; *g*, pièce basilaire; *f*, pédoncule fibreux.

Fig. 2. — Coupe verticale d'un piquant avec sa collerette de pédicellaires croisés (on a représenté seulement la moitié de la coupe); *f*, couche de fibrilles conjonctives où viennent se perdre les pédoncules des divers pédicellaires; *p*, pédicellaires rencontrés sur a coupe; *m*, petit muscle remontant le long du piquant.

Fig. 3-6. — Développement d'un pédicellaire croisé d'*Ast. glacialis; f*, pédoncule fibreux commençant à se former.

Fig. 7. — Pédicellaire tridactyle, gr. 20 fois.

Fig. 8. — Autre forme de pédicellaire tridactyle, mais plus jeune; gr. 50 fois.

Fig. 9. — Pédicellaire droit d'*Ast. glacialis; a'*, muscle adducteur; *b*, muscle abducteur.

Fig. 10. — Moitié du pédicellaire droit, dont le mors a une forme discoïde.

Fig. 11. — Coupe du pédicellaire droit de la fig. 9; *a* et *a'*, muscles adducteurs; *b*, muscle abducteur; gr. 10 fois.

Fig. 12. — Revêtement épithélial d'un pédicellaire droit; *q*, cellule muqueuse; *m*, cellule mûriforme; *n*, plexus nerveux superficiel; *f*, fibres conjonctives et cellules embryonnaires formant le substratum du pédicellaire (oc. 2, obj. 9 à imm. Nachet).

Fig. 13. — Cellule mûriforme d'un pédicellaire croisé, présentant à sa surface un réseau polygonal.

Fig. 14. — Pédicellaire de la rainure ambulacraire, *Gymnasteria carinifera : a*, muscle adducteur; *b*, muscle abducteur; *f*, pédoncule fibreux attachant le pédicellaire aux pièces calcaires du test.

Fig. 15. — Coupe d'une glande dermique de l'*Echinaster sepositus; e*, épithélium externe; *f*, feutrage lâche de fibres conjonctives; gr. 70 fois.

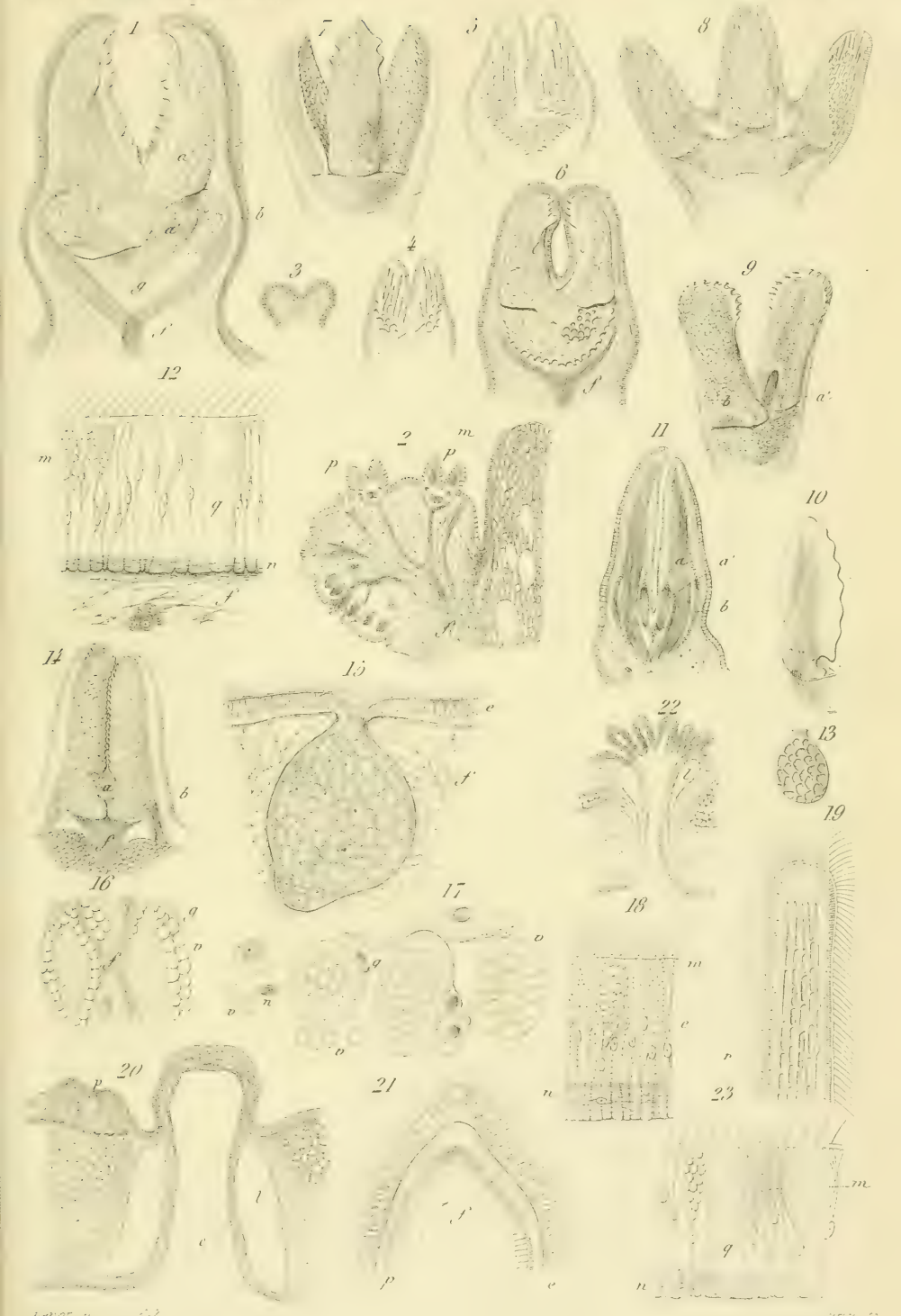
Fig. 16. — Portion très grossie de la coupe précédente : *f*, réseau conjonctif limitant les cellules; *g*, cellules glandulaires avec ou sans noyau; *v*, vésicules refoulées sur le côté des cellules.

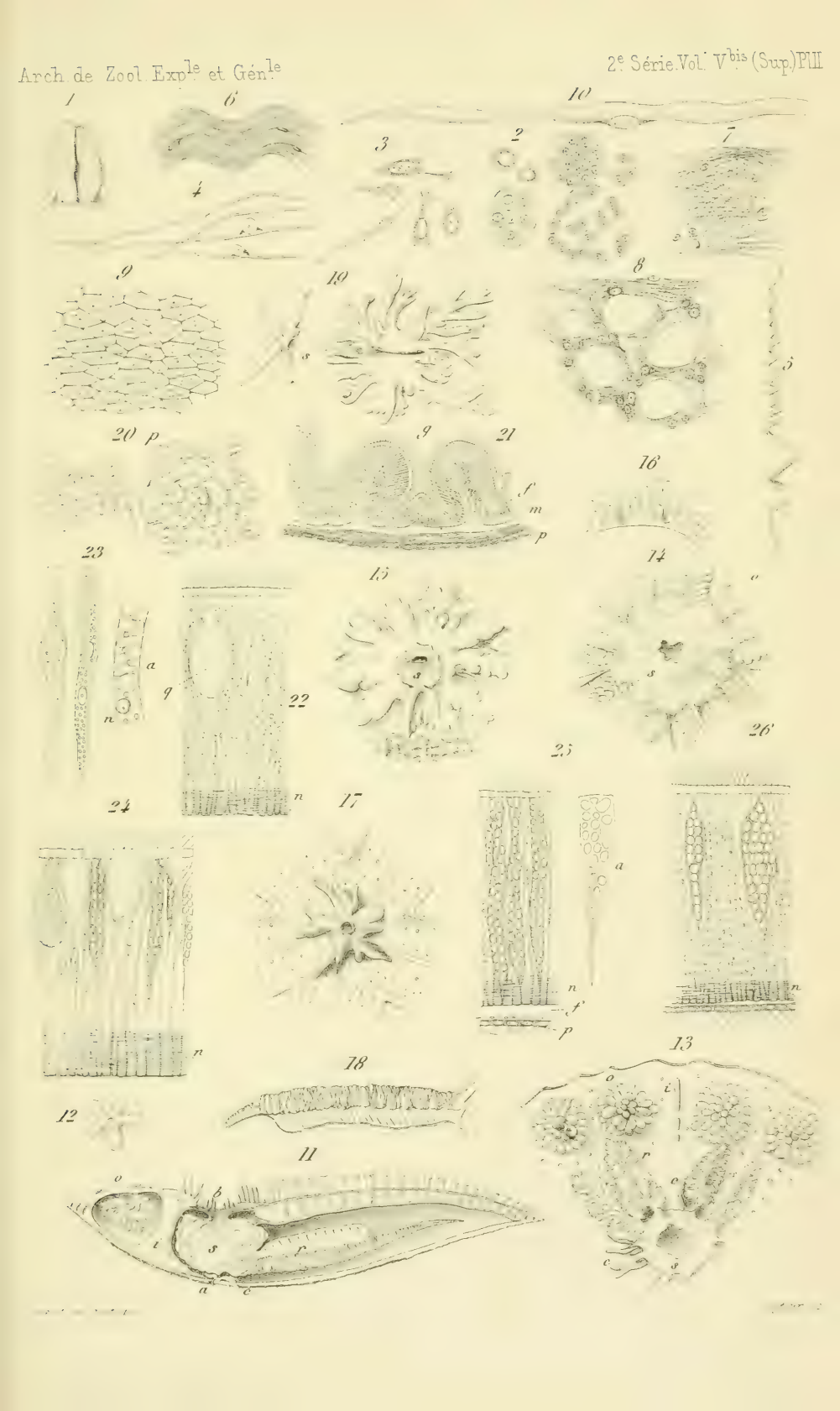
Fig. 17. — Cellules de la même glande, isolées après fixation au carmin osmiqué, gr. 500 fois; *g*, cellules glandulaires de toute taille, contenant des vésicules à leur intérieur; *n*, noyau libre; *v*, vésicules sorties des cellules.

Fig. 18. — Epithélium externe du bras, *Astropecten aurantiacus; e*, cellules à pigment rouge; *m*, cellule mûriforme; *n*, plexus nerveux superficiel (oc. 2, obj. 9, à imm. Nachet).

Fig. 19. — Radiole vibratile revêtant les plaques marginales inférieures de *Luidia ciliaris; r*, réseau calcaire soutenant la radiole; gr. 100 fois.

Fig. 20. — Coupe verticale d'une branchie lymphatique, *Cribella oculata; c*, cavité


1
7
5
8
6
4
3
9
12
2
11
10
14
15
22
13
19
16
17
18
20
21
23


1
6
4
3
2
10
7
9
19
s
8
5
20 p
9
21
f
m
p
16
23
15
14
a
n
9
22
s
26
25
24
17
a
n
f
p
n
n
18
12
13
o
i
r
e
c
s
11
o
b
i
s
f
a
c

générale ; *l*, lacune concentrique à la branchie ; *p*, piquants articulés sur les pièces calcaires.

Fig. 21. — Sommet d'une branchie lymphatique, *Asterias glacialis*; *e*, épithélium externe glandulaire ; *f*, couche conjonctive et musculaire ; *p*, épithélium péritonéal (la flèche indique le sens dans lequel se meuvent les cils vibratiles).

Fig. 22. — Coupe verticale d'une branchie de *Luidia ciliaris*; *l*, lacune concentrique à la branchie.

Fig. 23. — Epithélium externe d'une branchie d'*Asterias glacialis*; *m*, cellule mûriforme à l'état granuleux ; *q*, cellule muqueuse ; *n*, plexus nerveux superficiel.

PLANCHE II.

Tissu conjonctif, tube digestif.

Fig. 1. — Pédicellaire didactyle de *Luidia ciliaris* (Banyuls), gr. 10 fois.

Fig. 2. — Cellules embryonnaires du tissu conjonctif, réunies en amas (pédicellaire droit d'*Ast. glacialis*).

Fig. 3. — Cellules embryonnaires étoilées, *Asterias glacialis*.

Fig. 4. — Fibres conjonctives élastiques (ambulacres d'*Asterias glacialis*).

Fig. 5. — Fibre conjonctive élastique repliée en zigzag (pédicellaire droit d'*Ast. glacialis*).

Fig. 6. — Fibrilles conjonctives (pédoncule fibreux des pédicellaires croisés, *Ast. glacialis*).

Fig. 7. — Substance fondamentale fibreuse, avec des noyaux et une cellule embryonnaire, *Echinaster sepositus*.

Fig. 8. — Réseau calcaire avec ses cellules embryonnaires, *Asterina gibbosa*.

Fig. 9. — Epithélium péritonéal, imprégné au nitrate d'argent et coloré au carmin, *Ast. glacialis*.

Fig. 10. — Fibre musculaire (cordon radial *Ast. glacialis*).

Fig. 11. — Tube digestif de l'*Asterina gibbosa*, gr. 3 fois ; *b*, bouche ; *s*, sac stomacal ; *r*, cœcum radial avec sa poche ; *c*, cœcums stomacaux ; *a*, anus ; *i*, pilier interradial ; *o*, organe génital.

Fig. 12. — Cœcums stomacaux de l'*Asterina gibbosa*, vus par le côté oral.

Fig. 13. — Partie inférieure du tube digestif du *Palmipes membranaceus* (mêmes lettres que fig. 11), gr. 3 fois.

Fig. 14. — Partie supérieure du tube digestif de l'*Echinaster sepositus*; *o*, poche œsophagienne ; *s*, sac stomacal.

Fig. 15. — Cœcums stomacaux de l'*Echinaster sepositus* (on a conservé d'un côté les cœcums radiaux); *s*, orifice mettant en communication les cœcums stomacaux et l'estomac.

Fig. 16. — Aspect villeux de la face interne des cœcums stomacaux, *Echinaster sepositus*.

Fig. 17. — Cœcums stomacaux de la *Cribella oculata*.

Fig. 18. — Cœcum radial de *Cribella oculata*, vu de profil et dans sa position naturelle, pour montrer la poche qui s'étend au-dessous de lui.

Fig. 19. — Cœcums stomacaux de l'*Asterias glacialis*; l'un, très simple, gr 2 fois, provenant d'un individu dont R = 52 mm; l'autre très compliqué, d'un individu adulte ; *s*, orifice stomacal.

Fig. 20. — Cœcum radial de l'*Ast. glacialis*, vu par sa face inférieure (gr. 2 fois) ; *p*, poche médiane.

Fig. 21. — Coupe transversale du cœcum stomacal de l'*Ast. glacialis*; *p*, épithélium péritonéal; *m*, muscles circulaires; *f*, couche conjonctive; *g*, épithélium glandulaire.

Fig. 22. — Cellules de la partie tout à fait inférieure de l'estomac, *Ast. glacialis*; *q*, cellule muqueuse; *n*, couche nerveuse du tube digestif.

Fig. 23. — Cellules de l'estomac, vues à un fort grossissement; *a*, portion de cellule montrant la formation des granules digestifs dans le protoplasma aréolaire; *n*, noyau (oc. 2, obj. 9 à imm. Nachet).

Fig. 24. — Couche glandulaire des poches œsophagiennes d'*Echinaster sepositus*, avec nombreuses cellules muqueuses.

Fig. 25. — Estomac de *Cribella oculata*; *p*, épithélium péritonéal; *f*, couche conjonctive avec quelques fibres musculaires; *n*, couche nerveuse du tube digestif; *a*, cellule isolée, dépourvue de granules, et ne renfermant que son protoplasma aréolaire.

Fig. 26. — Réservoir du cæcum radial, *Echinaster sepositus* (préparation prise vers la moitié de la longueur du sac), cellules mûres à côté de cellules en voie de développement; *n*, couche nerveuse.

PLANCHE III.

Tube digestif, système nerveux.

Fig. 1. — Cœcum radial de l'*Astropecten aurantiacus* (acide osmique).

Fig. 2. — Cœcum stomacal de l'*Astropecten aurantiacus*; *n*, couche nerveuse très réduite (acide osmique).

Fig. 3. — Extrémité supérieure des cellules du cœcum radial, *Luidia ciliaris*; *q*, cellule muqueuse; *c*, plateaux cuticulaires.

Fig. 4. — Développement des cœcums stomacaux (gr. 4 fois), *Astropecten aurantiacus* (R. = 82 mm).

Fig. 5. — Développement du cœcum radial (gr. 10 fois), *Astr. squamatus* (R. = 12 mm).

Fig. 6. — Cœcums stomacaux de l'*Astr. aurantiacus*.

Fig. 7. — Cœcums stomacaux de l'*Astr. squamatus*; *m*, bride mésentérique reliant l'organe à la paroi du corps.

Fig. 8. — Cœcums stomacaux de l'*Astr. platyacanthus*.

Fig. 9. — Cœcums stomacaux de l'*Astr. hystrix*; *a*, pseudo-perforation anale.

Fig. 10. — Spicules du tube digestif, *Culcita coriacea*.

Fig. 11. — Ruban nerveux brachial, *Astérias glacialis* (carmin osmiqué); *n*, couche de fibrilles nerveuses avec quelques cellules; *f*, couche conjonctive; *s*, épithélium cubique du sinus sanguin radial.

Fig. 12. — Cellule nerveuse, vue à un fort grossissement (oc. 2, obj. 9 à imm. Nachet).

Fig. 13. — Cellules épithéliales du ruban nerveux; *a*, chez l'*Astropecten aurantiacus*; *j*, grains de pigment jaunâtre; *b*, chez l'*Echinaster sepositus*.

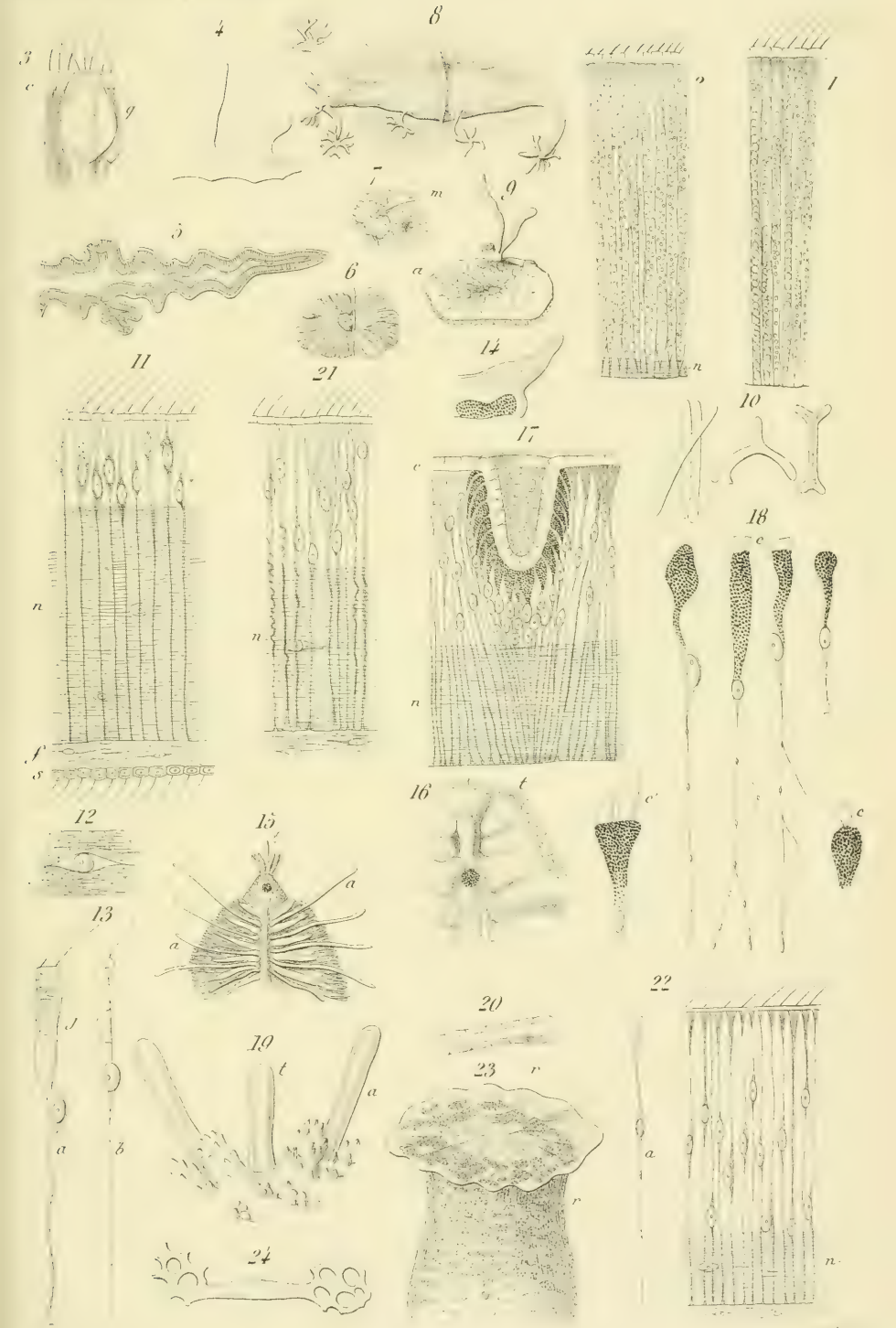
Fig. 14. — Tentacule et tache oculaire d'*Asterias glacialis*, vus de profil.

Fig. 15. — Extrémité du bras de la *Luidia ciliaris*; *t*, tentacule; *a*, ambulacres tactiles.

Fig. 16. — Tentacule et tache oculaire d'*Echinaster sepositus* (mêmes lettres que précédemment).

Fig. 17. — Godet oculaire d'*Asterias glacialis*, vu en coupe (carmin osmiqué); *c*, plateaux cuticulaires; *n*, couche nerveuse (oc. 2, obj. 9 à imm. Nachet).

Fig. 18. — Cellules pigmentaires de l'œil, de différentes formes (carmin osmiqué); c, plateaux cuticulaires (corps cristalliniens de Lange).



Cuénot ad nat del.

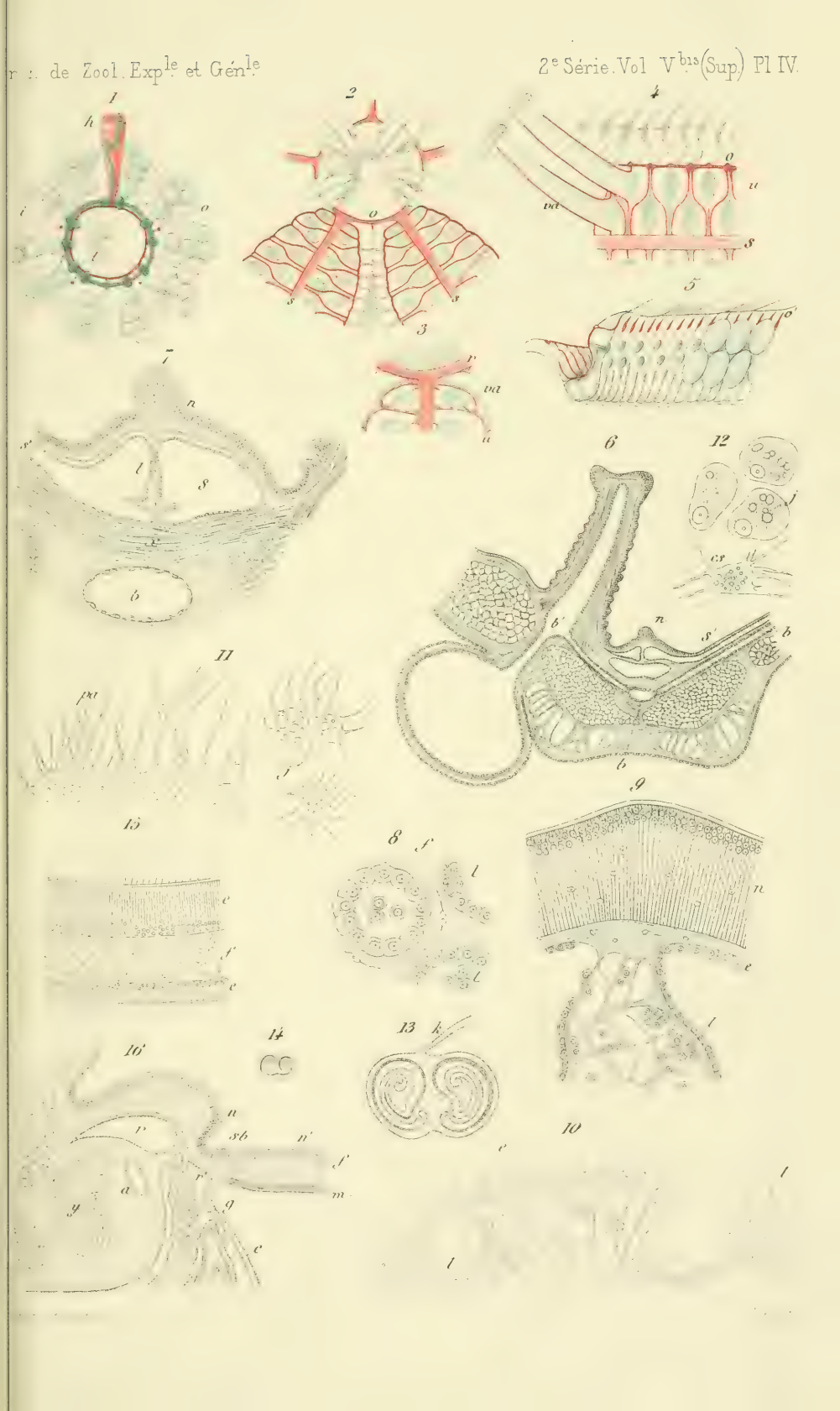

1
h
i
o
l
2
o
s
s
3
4
o
u
va
s
5
p
7
n
s'
l
s
b
6
12
j
cs
u
b'
n
s'
b
b
11
pa
j
9
n
e
l
15
e
f
e
8
f
l
l
14
13
k
10'
n
sb
n'
f
r
m
a
y
g
e
10
e
l
l

Fig. 19. — Extrémité du bras d'une très jeune *Asterina gibbosa* (R.=2 mm 1[2), vue de la face inférieure; *t*, tentacule ; *a*, ambulacres tactiles dépourvus de ventouses.

Fig. 20. — Un des ambulacres tactiles d'*Asterias glacialis*.

Fig. 21. — Cellules du tentacule, *Ast. glacialis*.

Fig. 22. — Cellules de la ventouse d'un ambulacre, *Ast. glacialis* (acide osmiqué) ; *a*, cellule isolée identique aux Sinnezellen de M. Hamann.

Fig. 23. — Sommet de l'ambulacre de *Gymnasteria carinifera* (gr. 20 fois) ; *r*, couronne de spicules située à la face inférieure de la ventouse ; *r'*, spicules dans le corps même de l'ambulacre.

Fig. 24. — Un de ces spicules ambulacraires, fortement grossi.

PLANCHE IV.

Lettres communes à cette planche et aux suivantes.

a, anneau ambulacraire.
b, vaisseau ambul. radial.
c, canal du sable.
g, glande ovoïde.
g', terminaison de la gl. ovoïde.
g'', cordon génital.
h, sinus axial (s. glandulaire).
i, pilier interradial.
j, pigment jaune.
n, ruban épithélio-nerveux.
o, orifice interradiaire de l'anneau sanguin dans la cavité générale.
o', orifices vertébraux.
p, vésicule de Poli.
r, anneau sanguin oral.
s, sinus sanguin radial.
s', branche transverse.
t, corps de Tiedemann.
u, sinus marginal.
v, anneau sanguin aboral.
v', vaisseau génital.
v'', sinus génital.
x, muscle interambulacraire.
y, muscle adducteur des pièces buccales.

Système ambulacraire, Système sanguin.

Fig. 1. — Vue interne du péristome, *Asterias rubens*.

Fig. 2. — Circulation dans les bras (deux seulement sont représentés complètement injectés), *Ast. glacialis*.

Fig. 3. — Commencement du bras, grossi 2 fois; *va*, vaisseaux destinés à l'ambulacre.

Fig. 4 — Portion de bras, gros. 2 fois, avec deux ambulacres montrant leurs vaisseaux *va*.

Fig. 5. — Portion de l'axe du bras, *Ast. rubens* ; les vésicules ambulacraires ont été en partie enlevées.

Fig. 6. — Coupe transversale de l'axe du bras passant par un ambulacre (gr. 12 fois), *Ast. rubens* ; *b'*, vaisseau transversal allant du vaisseau ambulacraire radial à l'ambulacre.

Fig. 7. — Coupe transversale de l'axe du bras, plus grossie que la précédente, rasant tangentiellement un ambulacre ; *l*, septum radial.

Fig. 8. — Coupe transversale d'un corps de Tiedemann, montrant la section des tubes sécréteurs ; *f*, substratum conjonctif ; *l*, cellules lymphatiques.

Fig. 9. — Coupe transversale du ruban nerveux brachial, fortement grossie, *Ast. glacialis* ; *e*, épithélium interne du sinus radial ; *l*, cellules lymphatiques contenues à l'intérieur du septum.

Fig. 10. — Portion du septum radial vue sur le vivant, *Ast. glacialis* ; *l*, cellules lymphatiques ; *e*, épithélium interne du sinus radial ; *d*, point prédisposé à la sortie des cellules lymphatiques (oc. 2, obj. 9 à imm. Nachet).

Fig. 11. — Corpuscules sanguins de la cavité générale ; *pa*, petite partie d'un plasmodium (oc. 2, obj. 9 à imm. Nachet).

Fig. 12. — Cellules de la glande ovoïde, préparées à l'acide osmique ; *cs*, cellule vivante, transformée en corpuscule sanguin.

Fig. 13. — Coupe transversale du canal du sable d'*Ast. glacialis* (forme assez rare) ; *k*, lame mésentérique reliant le canal du sable aux parois du sinus axial.

Fig. 14. — Coupe du canal du sable d'un jeune *Ast. glacialis*.

Fig. 15. — Coupe transversale d'un repli interne du canal du sable, gr. 250 fois ; *e*, épithélium vibratile du canal ; *f*, coupe du réseau calcaire.

Fig. 16. — Coupe verticale du péristome d'*Ast. glacialis*, montrant la naissance de la glande ovoïde ; *m*, couche musculaire rayonnante de l'œsophage ; *f*, couche conjonctive ; *n'*, prolongement du ruban nerveux sur l'æsophage ; *r*, cavité du sinus glandulaire ; *sb*, septum de l'anneau sanguin oral.

PLANCHE V.

Fig. 1. — Madréporite et parties adjacentes, *Ast. glacialis*, d'après la dissection d'échantillons injectés et des coupes, gr. 7 fois ; *m*, plaque madréporique ; *d*, dilatation ampullaire du canal du sable ; *h'*, ampoule terminale dépendant du système sanguin ; *l*, glande lymphatique de la cavité générale ; *e*, piquant entouré de sa collerette de pédicellaires croisés.

Fig. 2. — Vue interne de la face inférieure du test ; *k*, lame conjonctive reliant le canal du sable aux parois du sinus glandulaire ; *l*, glande lymphatique de la cavité générale ; *br*, orifices des branchies lymphatiques.

Fig. 3. — Coupe transversale montrant la continuation de la glande ovoïde avec le cordon génital *g''*.

Fig. 4. — Cellules vivantes de la glande lymphatique de la cavité générale ; l'une n'est pas arrivée à maturité ; l'autre présente des mouvements amæboïdes.

Fig. 5. — Coupe transversale de l'anneau aboral ; *m*, fibres musculaires péritonéales.

Fig. 6. — Coupe transversale du canal du sable, *Echinaster sepositus* ; *k*, tractus mésentérique.

Fig. 7. — Circulation du bras, *Echinaster sepositus* ; on a conservé un seul ambulacre avec son vaisseau sanguin.

Fig. 8. — Vue latérale de l'axe du bras, *Ech. sepositus*.

Fig. 9. — Cercle aboral de la *Cribella oculata* ; on a conservé deux ovaires injectés : *an*, anus.

Fig. 10 et 11. — Cercle aboral de l'*Echinaster sepositus*, l'une très simple, l'autre compliqué ; *an*, anus.

Fig. 12. — Glande lymphatique (*l*) de la cavité générale, *Echinaster sepositus*.

Fig. 13. — Vue interne du péristome, *Asterina gibbosa* ; gr. 5 fois.

Fig. 14. — Interradius de *Solaster papposus*.

Fig. 15. — Vue latérale de l'axe du bras chez l'*Asterina gibbosa* ; gr. 5 fois.

Fig. 16. — Anneau aboral chez l'*Asterina gibbosa*.

Fig. 17. — Circulation du bras, *Astropecten aurantiacus*.

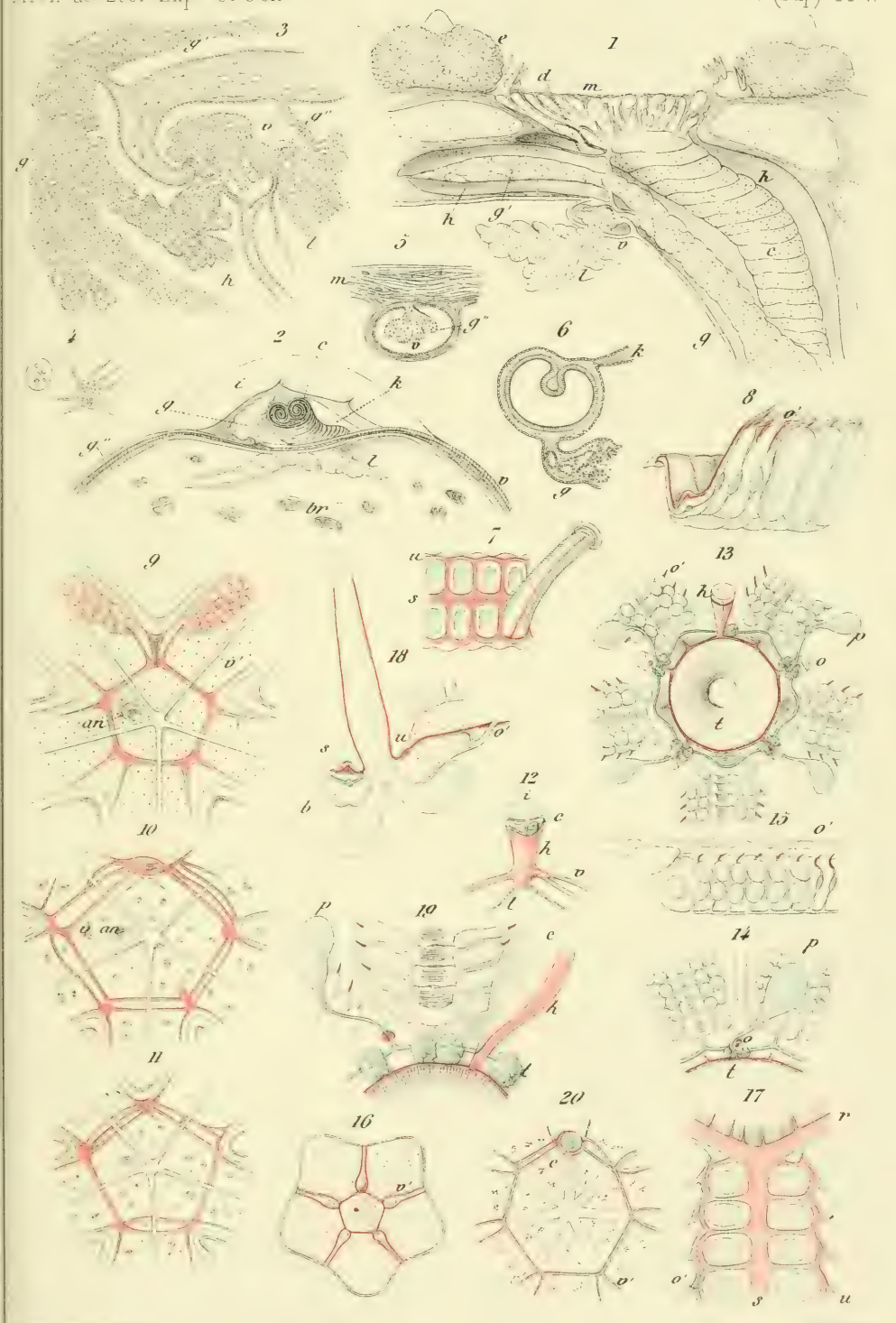
Fig. 18. — Ambulacre d'*Astropecten aurantiacus*, avec ses 2 vésicules et ses vaisseaux sanguins ; gr. nat.

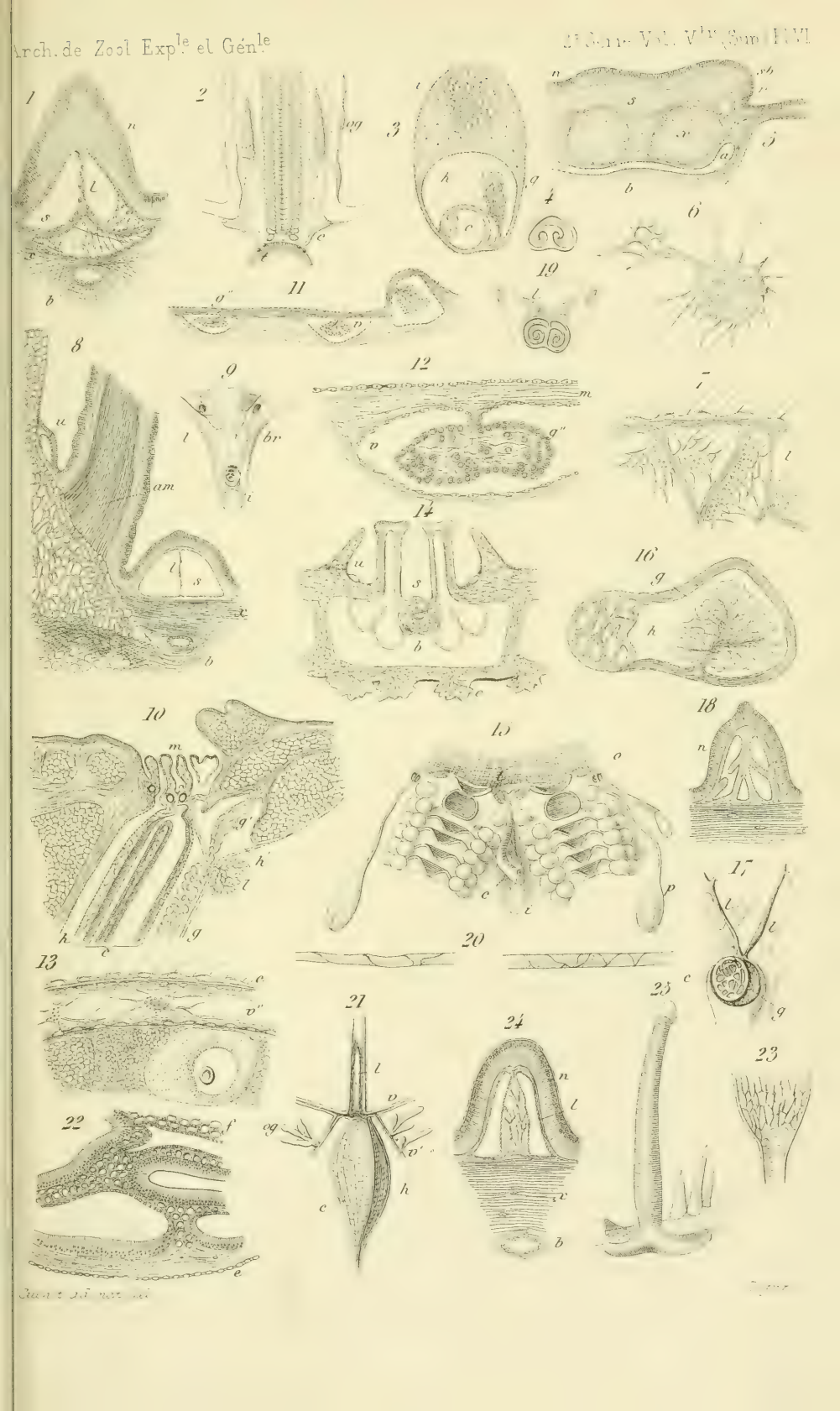
Fig. 19. — Péristome de *Luidia ciliaris*.

Fig. 20. — Anneau aboral, *Luidia ciliaris*.

PLANCHE VI.

Fig. 1. — Coupe transversale du bras, chez un jeune *Echinaster sepositus* (R = 18^{mm}) ; *l*, septum radial.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
br
an
q. an


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

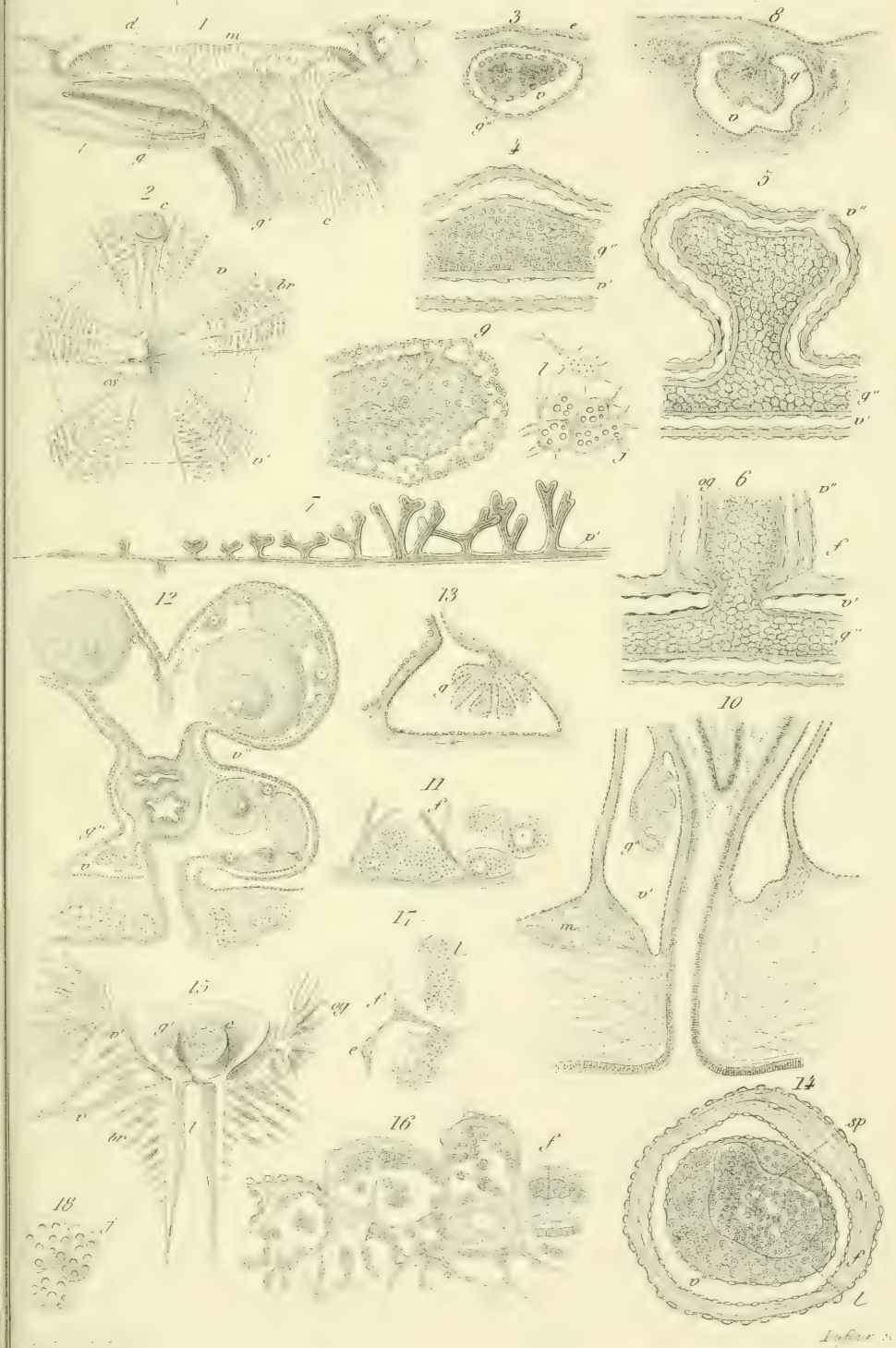

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18

Fig. 2. — Bras de l'*Ophidiaster Chinensis*; *og*, organe génital de petite taille.

Fig. 3. — Coupe transversale du pilier interradial correspondant à la plaque madréporique, *Asterina gibbosa*

Fig. 4. — Extrémité inférieure du canal du sable chez un adulte de grande taille.

Fig. 5. — Coupe longitudinale d'un radius, montrant la continuité des septums des sinus sanguins; *sb*, septum de l'anneau sanguin oral, *Ast. gibbosa.*

Fig. 6. — Plasmodium formé à l'intérieur d'une vésicule de Poli.

Fig. 7. — Portion de la vésicule de Poli, vue sur le vivant, montrant des cellules transformées en corpuscules sanguins (oc. 2, obj. 9 à imm. Nachet).

Fig. 8. — Coupe transversale du bras, fortement grossie, rasant tangentiellement un ambulacre *am*; *l*, septum du sinus radial, *Asterina gibbosa.*

Fig. 9. — Vue de face du pilier interradial correspondant à la plaque madréporique; *l*, glande lymphatique de la cavité générale; *br*, orifice de branchie lymphatique.

Fig. 10. — Coupe verticale du madréporite et des parties adjacentes, *Asterina gibbosa*, gr. 17 fois; *m*, plaque madréporique; *l*, glande lymphatique de la cavité générale; *h'*, ampoule terminale, dépendant du sinus glandulaire *h*.

Fig. 11. — Coupe transversale de l'anneau aboral, présentant 3 canaux côte à côte.

Fig. 12. — Coupe transversale très grossie de l'anneau aboral, *Asterina gibbosa*; *m*, fibres musculaires péritonéales.

Fig. 13. — Sinus génital vu sur le vivant, *Asterina gibbosa*, avec des globules sanguins circulant dans sa cavité; *e*, épithélium péritonéal (oc. 2, obj. 9 à imm. Nachet).

Fig. 14. — Coupe transversale du radius de *Palmipes membranaceus*, dans la portion presque terminale; *e*, paroi inférieure de l'animal.

Fig. 15. — Vue interne du péristome de la *Culcita coriacea.*

Fig. 16. — Coupe transversale du sinus glandulaire et des organes qu'il contient, *Culc. cor.*, gr. 18 fois.

Fig. 17. —Terminaison du canal du sable et des parties adjacentes, *Cul. cor.*; *l*, glande lymphatique de la cavité générale.

Fig. 18. — Coupe transversale du sinus sanguin radial, *Culc. cor.*

Fig. 19. — Coupe transversale du canal du sable de *Pentaceros turritus.*

Fig. 20. — Septum radial calcaire de la *Gymnasteria carinifera*, gr. 8 fois.

Fig. 21. — Canal du sable de *Luidia ciliaris*, flanqué de la glande ovoïde; *l*, glande lymphatique de la cavité générale; *og*, organe génital.

Fig. 22. — Très petite partie de la coupe transversale du canal du sable précédent; *e*, épithelium péritonéal; *f*, réseau calcaire.

Fig. 23. — Coupe longitudinale du canal du sable de *Luidia ciliaris*, montrant la forme en tube creux de sa partie orale.

Fig. 24. — Coupe transversale de l'axe du bras de *Luidia ciliaris*; *l*, septum radial très épais.

Fig. 25. — Ambulacre et vésiculaire ambulacraire de *Luidia ciliaris*; gr. nat.

PLANCHE VII.

Glande ovoïde; développt des organes génitaux.

Fig. 1. — Coupe verticale du madréporite et des parties adjacentes, chez un *Astropecten aurantiacus* adulte, d'après une dissection, gr. 3 fois; *m*, madréporite; *d*, dilatation ampullaire du canal du sable; *l*, glande lymphatique de la cavité générale; *e*, paxilles.

Fig. 2. — Face infre d'un *Ast. aurantiacus* (R = 80mm) avant la formation des organes génitaux, gr. 2 fois; *br*, orifices des branchies lymphatiques; *cs*, cœcums stomacaux laissés en place.

Fig. 3. — Coupe de l'anneau aboral (même individu que la figure précédente) ; *e*, épithélium péritonéal.

Fig. 4 et 5. — Formation d'un organe génital, *Astropecten hystrix.*

Fig. 6. — Développement un peu plus avancé ; *og*, organe génital ; *f*, lame conjonctive semilunaire, reliant l'organe au test sous-jacent.

Fig. 7. — Vaisseau génital et les organes génitaux, vus dans leur entier, gr. 12 fois ; *Astr. hystrix.*

Fig. 8. — Coupe de l'anneau aboral, chez un *Astropecten aurantiacus* adulte ; le cordon génital est relié à la paroi par une lame conjonctive.

Fig. 9. — Portion très grossie du cordon génital, chez un adulte ; *l*, cellules vivantes du cordon, transformées en corpuscules sanguins.

Fig. 10. — Coupe d'un testicule, perpendiculaire au trajet du vaisseau génital, et passant par l'orifice externe du testicule, *Astr. aur.*, gr. 32 fois ; *m*, fibres musculaires péritonéales.

Fig. 11. — Cellules primordiales pigmentées en noir (carmin osmiqué), provenant d'un organe génital nouvellement formé, *Astropecten spinulosus* ; *f*, réseau conjonctif soutenant les cellules génitales.

Fig. 12. — Coupe d'un ovaire, passant par l'orifice externe, perpendiculaire au trajet du vaisseau génital, *Palmipes membranaceus.*

Fig. 13. — Coupe transversale du cordon génital, au point où il s'attache au testicule, *Culcita coriacea.*

Fig. 14. — Coupe transversale d'un cœcum testiculaire, *Ast. aurantiacus* ; *l*, cellules lymphatiques restées inactives ; *sp*, cellules spermatiques en voie de formation ; *f*, couche conjonctive du sinus sanguin.

Fig. 15. — Sinus axial et organes adjacents, *Astr. aurantiacus* adulte, gr. nat. ; *l*, glande lymphatique de la cavité générale ; *br*, orifices des branchies lymphatiques ; *og*, organe génital.

Fig. 16. — Coupe de la glande ovoïde, *Astr. aurantiacus* ; *f*, réseau conjonctif soutenant les cellules lymphatiques.

Fig. 17. — Périphérie de la glande, vue sur le vivant ; *l*, cellules transformées en corpuscules sanguins ; *f*, réseau conjonctif ; *e*, cellule de l'épithélium péritonéal : *Astr. aur*

Fig. 18. — Cellules vivantes de la glande ovoïde, non arrivées à maturité (oc. 2, obj. 9 à imm. Nachet).

PLANCHE VIII.

Système ambulacraire, système sanguin, organes génitaux.

Fig. 1. — Vue interne du péristome chez l'*Astropecten spinulosus*, gr. 2 fois.

Fig. 2. — Coupe verticale du péristome de l'*Astr. squamatus*, passant par un orifice sanguin interradial (*o*) et le canal du sable ; *l*, septum de l'anneau sanguin oral ; *n'*, prolongement du ruban nerveux sur l'œsophage.

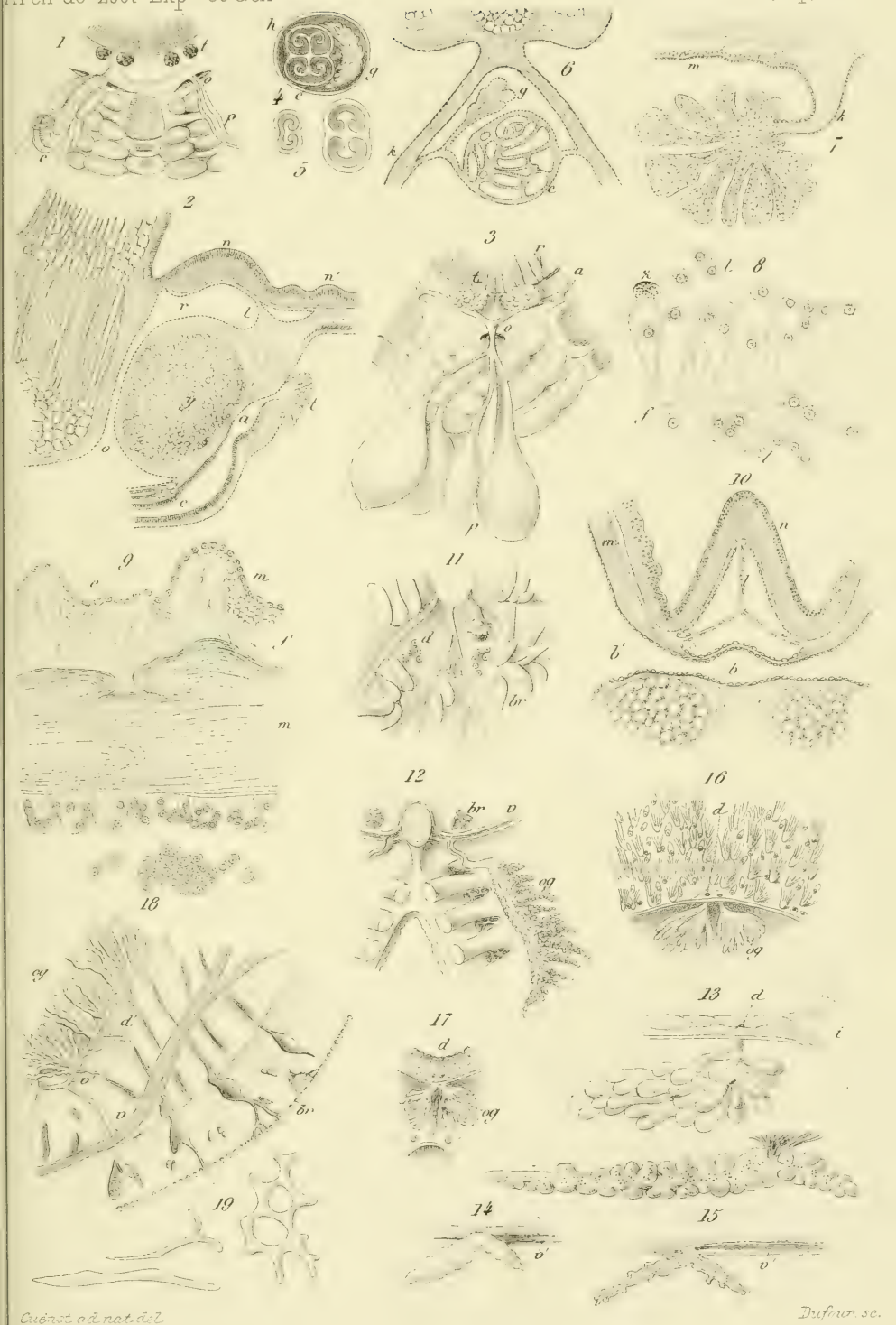
Fig. 3. — Interradius d'*Astropecten aurantiacus* adulte, présentant quatre vésicules de Poli (*p*).

Fig. 4. — Coupe transversale du sinus axial chez l'*Astr. spinulosus.*

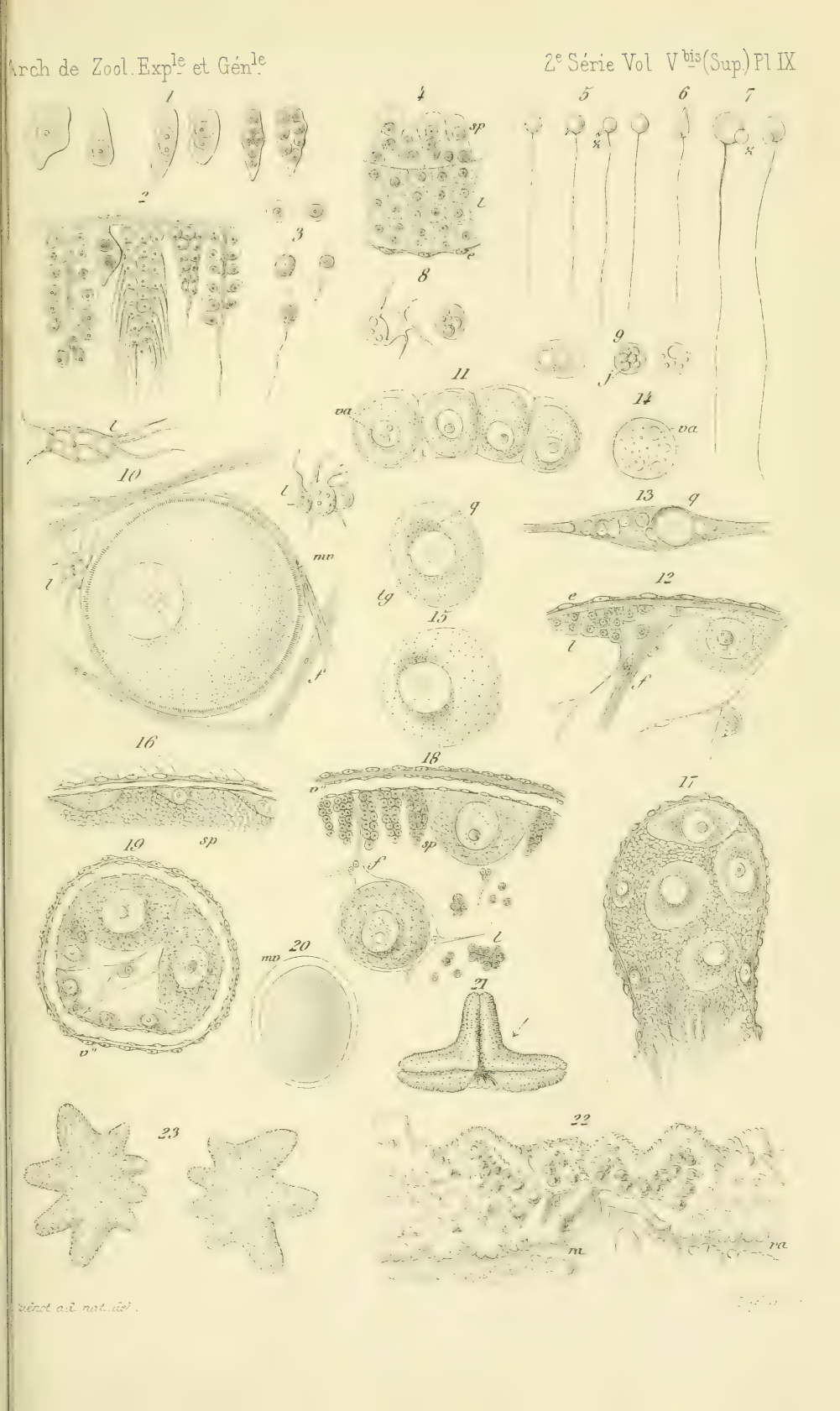
Fig. 5. — Développement du canal du sable chez l'*Astr. squamatus* ; le plus petit provient d'un individu de taille dont R = 12^{mm} ; l'autre d'un individu de taille moyenne (R = 30^{mm}).

Fig. 6. — Coupe transversale du sinus axial chez l'*Astr. hystrix*, dans sa partie orale ; *k*, repli mésentérique enclavant le sinus.

Fig. 7. — Coupe transversale de la glande lymphatique de la cavité générale, *Astr.*



Cuénot ad nat del. Dufour sc.



Vienot ad nat. del.

aurantiacus ; *k*, forte lame conjonctive à laquelle est attachée la glande ; *m*, fibres musculaires péritonéales.

Fig. 8. — Périphérie de la glande, vue en coupe, à un très fort grossissement ; *l*, cellules lymphatiques ; *f*, réseau conjonctif ; *z*, corps jaune énigmatique (zoochlorelle ?).

Fig. 9. — Coupe transversale d'une vésicule de Poli, *Astr. aur.*, gr. 50 fois ; *e*, épithélium péritonéal ; *m'*, fibres musculaires longitudinales ; *f*, couche fibreuse conjonctive ; *m*, fibres musculaires circulaires ; *l*, partie glandulaire de la vésicule.

Fig. 10. — Coupe transversale de l'axe du bras chez un jeune *Ast. squamatus* (R = 12mm) ; *l*, septum radial ; *m*, coupe de la paroi de l'ambulacre ; *b'*, carrefour de l'ambulacre et du vaisseau transverse provenant du vaisseau radial *b*.

Fig. 11. — Vue d'un interradius, face externe, chez l'*Asterias glacialis* ; *d*, groupe d'orifices génitaux (plaque criblée de Muller et Troschel) ; *br*, branchies lymphatiques.

Fig. 12. — Vue d'un interradius, face interne, *Ast. glacialis*; *d'*, canal excréteur de l'organe génital rudimentaire *og* ; *br*, orifices de branchies lymphatiques.

Fig. 13. — Testicule de l'*Echinaster sepositus*, vu de profil ; *d*, orifice génital ; *i*, interradius.

Fig. 14. — Très jeune organe génital de l'*Echinaster sepositus* (R = 33mm), gr. 7 fois.

Fig. 15. — Développement de l'organe génital chez l'*Ophidiaster Chinensis*, sur un même individu, gr. 7 fois.

Fig. 16. — Face inférieure de *Solaster papposus*, montrant les ovaires *og*, et leurs orifices simples *d*.

Fig. 17. — Organes génitaux de l'*Asterina Wega*.

Fig. 18. — Vue latérale d'un interradius de *Culcita coriacea* ; *d'*, canaux excréteurs des testicules *og* ; *br*, orifices des branchies lymphatiques, gr. nat.

Fig. 19. — Spicules calcaires du testicule de *Culcita coriacea*.

PLANCHE IX.

Développement des produits génitaux. — Reproduction.

Fig. 1. — Cellules du testicule, montrant divers stades de la segmentation du noyau, *Ast. glacialis*.

Fig. 2 — Morulas spermatiques à divers états de développement, *Luidia ciliaris* (acide osmique).

Fig. 3. — Développement du spermatozoïde, *Ast. glacialis* (carmin osmiqué).

Fig. 4. — Portion très grossie de la coupe du testicule d'un jeune *Astropecten spinulosus* ; *l*, cellules lymphatiques inactives ; *sp*, cellules testiculaires à divers stades.

Fig. 5. — Spermatozoïdes vivants de l'*Astr. aurantiacus*, montrant l'expulsion du nucléole *z* (oc. 2, obj. 9 à imm. Nachet).

Fig. 6. — Spermatozoïde vivant, pourvu d'un nucléole, de l'*Asterina gibbosa*.

Fig. 7. — Spermatozoïdes vivants, très grossis, de la *Cribella oculata*, pourvus d'un nucléole *z*.

Fig. 8. — Cellules lymphatiques, dont l'une est amæboïde, rejetées avec le sperme par un *Echinaster sepositus*.

Fig. 9. — Cellules primordiales, chargées de pigment *j*, restées inactives, trouvées dans la cavité de testicules mûrs (*Astr. aurantiacus*, *Cribella oculata*).

Fig. 10. — Œuf mûr d'*Asterias glacialis*, avec le réseau vitellogène *f*, et des cellules primordiales amæboïdes *l* ; *mv*, membrane vitelline (zona radiata).

Fig. 11. — Œufs pondus d'*Ast. glacialis*, réunis ensemble par leur membrane vitelline ; *va*, vacuole dans la vésicule germinative.

Fig. 12. — Coupe d'un ovaire d'*Ast. glacialis*; *f*, réseau conjonctif vitellogène; *l*, cellules primordiales destinées au renouvellement des œufs.

Fig. 13. — Portion du réseau conjonctif vitellogène de l'*Asterina gibbosa*, très grossi; *q*, vésicules de vitellus jaune.

Fig. 14. — Tache germinative d'un œuf mûr d'*Astropecten aurantiacus*, gr. 400 fois; *va*, vacuoles.

Fig. 15. — Dépôt du vitellus jaune *q* dans des œufs non mûrs d'*Echinaster sepositus*; *tg*, tache germinative de forme indécise.

Fig. 16. — Organe génital d'*Asterina gibbosa*, très jeune, renfermant des zoospermes mûrs à côté d'œufs à peine formés.

Fig. 17. — Organe génital plus développé d'*Asterina gibbosa*; zoospermes mûrs avec œufs développés.

Fig. 18. — Coupe transversale d'un organe génital au stade précédent; *f*, réseau conjonctif vitellogène; *l*, cellules non transformées; *sp*, cellules testiculaires.

Fig. 19. — Coupe transversale d'un organe tout à fait adulte, *Ast. gibbosa*, ne renfermant plus que des œufs à vitellus jaune.

Fig. 20. — Œuf pondu d'*Asterina gibbosa*, rendu opaque par le vitellus jaune; *mv*, membrane vitelline parfaitement homogène et transparente.

Fig. 21. — *Asterina Wega* (gr. nat.), présentant 4 bras qui commencent à se former La flèche indique l'interradius où se trouve la plaque madréporique.

Fig. 22. — Individu précédent, montrant les bras nouveaux grossis 10 fois *r.a* radius.

Fig. 23. — *Asterina Wega* vus par la face inférieure : l'un présente 8 bras l'autre 7 (gr. nat).

Poitiers. — Typographie Oudin.

SECONDE THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

1. Zoologie. — Du type annélide, de ses modifications.
2. Botanique. — La Racine.
   Caryophyllées.
3. Géologie. — L'oxfordien et le corallien de la bordure orientale (Meuse) du bassin de Paris.

Vu et approuvé :
Paris, le 15 mai 1887.
Le Doyen de la Faculté des sciences,
E. HEBERT.

Vu et permis d'imprimer :
Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris.
Paris, le 16 mai 1887.
GRÉARD

POITIERS. — TYPOGRAPHIE OUDIN.

**

Date Due

3 2044 107 168 304